

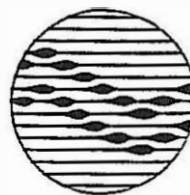
TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE

INVENTARISATIE VAN DE WATERVOERENDE
SYSTEMEN IN DE PROVINCIES
OOST- EN WEST-VLAANDEREN,
ANTWERPEN EN WEST-LIMBURG

VOORSTELLING EN INTERPRETATIE VAN GEGEVENS
MET BETREKKING TOT HET GRONDWATERBELEID

**INVENTARISATIE VAN DE
WATEROVERENDE SYSTEMEN IN DE
PROVINCIES OOST- EN WEST-
VLAANDEREN, ANTWERPEN
EN WEST-LIMBURG**

**VOORSTELLING EN INTERPRETATIE
VAN GEGEVENS MET BETREKKING
TOT HET GRONDWATERBELEID**



geologisch instituut S8
krijgslaan 281
B-9000 genl

telefoon 09/2644647
fax 09/2644988

AMINAL

Leiding : Prof. Dr. W. DE BREUCK
Studie en verslag : Lic. I. BOLLE

Onderzoek : TGO 93005
Datum : augustus 1993

**INVENTARISATIE VAN DE WATERVOERENDE
SYSTEMEN IN DE PROVINCIES
OOST- EN WEST-VLAANDEREN,
ANTWERPEN EN WEST-LIMBURG**

**VOORSTELLING EN INTERPRETATIE VAN GEGEVENS
MET BETREKKING TOT HET GRONDWATERBELEID**

INHOUD

LIJST VAN FIGUREN	I
LIJST VAN TABELLEN	IX
ALGEMENE INLEIDING	1
1. Opdracht	1
2. Door het LTGH te inventariseren watervoerende systemen	1
3. Grondwaterpeilen	1
4. Grondwaterwinningen	2
5. Grondwaterkwaliteit	2
5.1. Inleiding	2
5.2. De belangrijkste chemische hoofdparameters	3
5.3. De ionenbalans	4
5.4. De grondwaterclassificatie volgens STUYFZAND (WALRAE- VENS, 1987)	4
5.4.1. Het hoofdtype	4
5.4.2. De hardheidscode	5
5.4.3. Het type	6
5.4.4. De kationenuitwisselingscode	6
6. Grondwaterverbruik in de landbouw	8
6.1. Grondwaterverbruik bij de veeteelt	8
6.2. Grondwaterverbruik bij de plantenteelt	9
7. Pluviometrische gegevens	9
7.1. Inleiding	9
7.2. Neerslaggrafieken	10
8. Beleidsondersteunende studies	10

3. DE NEOGENE ZANDEN VAN ANTWERPEN EN WEST-LIMBURG	22
3.1. Voorkomen	22
3.2. Geologie	22
3.3. Hydrogeologie	25
3.4. Grondwaterpeilen en -winningen	26
3.4.1. Waargenomen waterpeilen	26
3.4.2. Grondwaterwinning	36
3.4.2.1. Inleiding	26
3.4.2.2. Evolutie	39
3.5. Grondwaterkwaliteit	39
3.5.1. Inleiding	39
3.5.1.1. Provincie Antwerpen	41
3.5.1.2. Provincie Limburg	43
3.6. Bedreigingen	43
3.7. Toekomstverkenning	46
3.8. Beleidsondersteunende studies	46

9. HET LEDO-PANISELIAAN EN HET KWARTAIR IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN	48
9.1. Het Ledo-Paniseliaan in West- en Oost-Vlaanderen	48
9.1.1. Geologie en hydrogeologie	48
9.1.2. Waargenomen waterpeilen	48
9.1.2.1. Inleiding	48
9.1.2.2. Evolutie	53
9.1.3. Grondwaterwinningen	54
9.1.3.1. Inleiding	54
9.1.3.2. Evolutie	55
9.1.4. Grondwaterkwaliteit	58
9.1.4.1. Inleiding	58
9.1.4.2. Evolutie	60
9.1.5. Bedreigingen en toekomstverkenning	60
9.1.5.1. Grondwaterpeilen	60
9.1.5.2. Opgepompte debieten	63
9.1.5.3. Grondwaterkwaliteit	63
9.1.6. Beleidsondersteunende studies	65
9.2. Het Kwartair in West- en Oost-Vlaanderen	66
9.2.1. Voorkomen	66
9.2.2. Geologie	66
9.2.3. Hydrogeologie	66
9.2.4. Grondwaterpeilen en -winningen	69
9.2.4.1. Waargenomen waterpeilen	69
9.2.4.2. Grondwaterwinningen	69
9.2.4.2.1. Inleiding	69
9.2.4.2.2. Evolutie	72
9.2.5. Grondwaterkwaliteit	73
9.2.5.1. Inleiding	73
9.2.5.2. Evolutie	77
9.2.6. Bedreigingen en toekomstverkenning	78
9.2.7. Beleidsondersteunende studies	79

10. HET MASSIEF VAN BRABANT EN HET LANDENIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN	80
10.1. Het Massief van Brabant in West- en Oost-Vlaanderen	80
10.1.1. Geologie en hydrogeologie	80
10.1.2. Waargenomen waterpeilen	80
10.1.2.1. Inleiding	80
10.1.2.2. Evolutie	82
10.1.3. Grondwaterwinningen	92
10.1.3.1. Inleiding	92
10.1.3.2. Evolutie	95
10.1.4. Grondwaterkwaliteit	97
10.1.4.1. Inleiding	97
10.1.4.2. Evolutie	99
10.1.5. Bedreigingen en toekomstverkenning	99
10.1.5.1. Grondwaterpeilen	99
10.1.5.2. Opgepompte debieten	100
10.1.5.3. Grondwaterkwaliteit	107
10.1.6. Beleidsondersteunende studies	107
10.2. Het Landeniaan in West- en Oost-Vlaanderen	109
10.2.1. Geologie en hydrogeologie	109
10.2.2. Waargenomen waterpeilen	109
10.2.2.1. Inleiding	109
10.2.2.2. Evolutie	109
10.2.3. Grondwaterwinningen	126
10.2.3.1. Inleiding	126
10.2.3.2. Evolutie	128
10.2.4. Grondwaterkwaliteit	130
10.2.4.1. Inleiding	130
10.2.4.2. Evolutie	132
10.2.5. Bedreigingen en toekomstverkenning	133
10.2.5.1. Grondwaterpeilen	133
10.2.5.2. Opgepompte debieten	133
10.2.5.3. Grondwaterkwaliteit	134
10.2.6. Beleidsondersteunende studies	135

11. DE KUSTDUINEN	136
11.1. Voorkomen en ligging	136
11.2. Geologie	136
11.3. Hydrogeologie	138
11.4. Grondwaterpeilen en -winningen	138
11.4.1. Waargenomen waterpeilen	138
11.4.2. Grondwaterwinning	141
11.5. Grondwaterkwaliteit	142
11.6. Bedreigingen en toekomstverkenning	148
11.7. Beleidsondersteunende studies	148

12. HET IEPERIAANZAND IN OOST- EN WEST-VLAANDEREN	150
12.1. Voorkomen	150
12.2. Geologie	150
12.3. Hydrogeologie	150
12.4. Grondwaterpeilen en -winningen	153
12.4.1. Waargenomen waterpeilen	153
12.4.2. Grondwaterwinning	154
12.4.2.1. Inleiding	154
12.4.2.2. Evolutie	155
12.5. Grondwaterkwaliteit	156
12.6. Bedreigingen en toekomstverkenning	157
12.7. Beleidsondersteunende studies	158

REFERENTIES

LIJST VAN FIGUREN

- Figuur 1. Bepaling van het watertype op basis van het proportioneel aandeel van de hoofdcomponenten in de som van de kationen en in de som van de anionen.
- Figuur 2. Ligging van de weerstations waarvan de neerslaggegevens zijn weergegeven op figuren 3 tot en met 12.
- Figuur 3. Neerslaggrafiek voor het station Koksijde.
- Figuur 4. Neerslaggrafiek voor het station St.-Andries-Brugge - Zedelgem.
- Figuur 5. Neerslaggrafiek voor het station Kerkhove.
- Figuur 6. Neerslaggrafiek voor het station Eeklo.
- Figuur 7. Neerslaggrafiek voor het station Erembodegem.
- Figuur 8. Neerslaggrafiek voor het station Oudenaarde.
- Figuur 9. Neerslaggrafiek voor het station Stabroek.
- Figuur 10. Neerslaggrafiek voor het station St.-Katelijne-Waver.
- Figuur 11. Neerslaggrafiek voor het station Arendonk.
- Figuur 12. Neerslaggrafiek voor het station Peer-Kleine Brogel.

- Figuur 3.1. Lithostratigrafische kaart van de provincie Antwerpen en Noord-Limburg.
- Figuur 3.2. Ligging van de gemeenten vermeld in de bespreking van de grondwaterpeilen.
- Figuur 3.3. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Mol.
- Figuur 3.4. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Zoersel.
- Figuur 3.5. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Peer.
- Figuur 3.6. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Kasterlee-Kattendijk te Mol.
- Figuur 3.7. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Lillo te Mol.
- Figuur 3.8. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Mol.
- Figuur 3.9. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Brasschaat.
- Figuur 3.10. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Kinrooi.
- Figuur 3.11. Ligging van de grondwaterwinningen van de PIDPA.
- Figuur 3.12. Evolutie van de PIDPA-grondwateronttrekkingen voor de drinkwatersector in de provincie Antwerpen.

- Figuur 9.1. Isohypsen van de basis van het Bartoon.
- Figuur 9.2. Waargenomen stijghoogteverdeling in het Ledo-Paniseliaan ca. 1920 (WALRAEVENS, 1987).
- Figuur 9.3. Berekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij natuurlijke omstandigheden (WALRAEVENS, 1987).
- Figuur 9.4. Berekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987).
- Figuur 9.5. Voorkomen van de verschillende watertypes in de Ledo-Paniseliaanlaag (classificatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS, 1987).
- Figuur 9.6. Grondwaterpeilevolutie in het Ledo-Paniseliaan te Beveren-Waas tussen juni 1992 en maart 1993.
- Figuur 9.7. Grondwaterpeilevolutie in het Ledo-Paniseliaan te Lokeren tussen juni 1992 en maart 1993 .
- Figuur 9.8. Evolutie van de samenstelling van het opgepompte Ledo-Paniseliaanwater in de VMW-waterwinningen te Snellegem en te Beernem (VAN VAERENBERGH-REDANT, 1979 en DE SMEDT, pers. meded.).
- Figuur 9.9. Ligging van het kustgebied en de valleien van Leie en Schelde in West-Vlaanderen.
- Figuur 9.10. Ligging van de Vlaamse Vallei en de valleien van Leie en Schelde in Oost-Vlaanderen.
- Figuur 9.11. Evolutie van de kwartaire grondwaterpeilen te Lembeke-Oosteeklo en te Boekhoute-Doodhoek voor de periode 1968-1977.
- Figuur 9.12. Evolutie van pH en geleidbaarheid van de VMW-grondwaterwinning te Zele, put S1.
- Figuur 9.13. Evolutie van pH en geleidbaarheid van de VMW-grondwaterwinning te Eeklo-Waaistraat.

- Figuur 10.1. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1988 (DE BREUCK et al., 1988 aangevuld met recente gegevens).
- Figuur 10.2. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1910-15 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.3. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1930-40 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.4. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1960 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.5. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1970 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.6. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1980 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.7. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1986 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.8. Afstand tussen top Massief van Brabant en stijghoogte-oppervlak (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.9. Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Aalst (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.10. Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Roeselare (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.11. Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Oudenaarde (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.12. Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Waregem (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.13. Berekende stijghoogten in het Massief van Brabant in natuurlijke toestand (LEBBE et al., 1988).
- Figuur 10.14. Verticale stroming tussen het Massief van Brabant en het Landeniaan berekend met een mathematisch model (LEBBE et al., 1987 en WALRAEVENS et al., 1989).
- Figuur 10.15. Voorkomen van de verschillende grondwatertypes in het Massief van Brabant (classificatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS et al., 1989).

- Figuur 10.16. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Nazareth.
- Figuur 10.17. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te St.-Lievens-Houtem.
- Figuur 10.18. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Dendermonde.
- Figuur 10.19. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Wervik.
- Figuur 10.20. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Zonnebeke.
- Figuur 10.21. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Torhout.
- Figuur 10.22. Stijghoogten in het Landeniaan 1988 (DE BREUCK et al., 1988 aangevuld met recente gegevens).
- Figuur 10.23. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Lierde.
- Figuur 10.24. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te St.-Lievens-Houtem.
- Figuur 10.25. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Lebbeke.
- Figuur 10.26. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Torhout.
- Figuur 10.27. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Roeselare.
- Figuur 10.28. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Mesen.
- Figuur 10.29. Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Kortrijk (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.30. Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Waregem (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.31. Stijghoogten in het Landeniaan 1920 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.32. Stijghoogten in het Landeniaan 1930 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.33. Stijghoogten in het Landeniaan 1950 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.34. Stijghoogten in het Landeniaan 1960 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.35. Stijghoogten in het Landeniaan 1970 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).
- Figuur 10.36. Stijghoogten in het Landeniaan 1980 (DE CEUKELAIRE et al., 1992).

- Figuur 10.37. Stijghoogten in het Landeniaan 1986 (DE CEUKEL-AIRE et al., 1992).
- Figuur 10.38. Berekende stijghoogten in het Landeniaan in natuurlijke toestand (LEBBE et al., 1988).
- Figuur 10.39. Verticale stroming tussen het Landeniaan en de bovenliggende laag berekend met een mathematisch model (LEBBE et al., 1987 en WALRAEVENS et al., 1989).
- Figuur 10.40. Voorkomen van de verschillende grondwatertypes in het Landeniaan (classificatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS et al., 1989).

- Figuur 11.1. Ligging van de kustduinen (TAVERNIER et al., 1970).
- Figuur 11.2. Hoogste en laagste grondwaterpeilen tussen 1950 en 1990 te Oostduinkerke (waterwinning St.-André) (IWVA, 1991).
- Figuur 11.3. Hoogste en laagste grondwaterpeilen tussen 1950 en 1990 te Adinkerke (waterwinning Cabour) (IWVA, 1991).
- Figuur 11.4. Hoeveelheden opgepompt grondwater voor de drie winningen van het IWVA (IWVA, 1991).
- Figuur 11.5. Berekende zoetwaterpercentages P_f in de kwartaire afzettingen volgens de doorsnede Wenduine-Nieuw-munster (WALRAEVENS et al., 1990).

Figuur 12.1. Dagzomen van het Lid van Egem in West-Vlaanderen.

Figuur 12.2. Dagzomen van het Lid van Egem in Oost-Vlaanderen.

LIJST VAN TABELLEN

- Tabel 1. Bepaling van het eerste symbool in de classificatienaam van een watertype, steunend op het chloridegehalte (STUYFZAND, 1986).
- Tabel 2. Bepaling van het tweede symbool in de classificatienaam van een watertype, steunend op de totale hardheid (STUYFZAND, 1986).
- Tabel 3. Bepaling van de kationenuitwisselingscode (STUYFZAND, 1986).
- Tabel 4. Drinkwaterverbruik bij de veeteelt.

- Tabel 3.1. Stratigrafie en hydrogeologie van de Neogene formaties in Antwerpen en Limburg.
- Tabel 3.2. Neogene zanden, provincie Antwerpen, jaarlijks vergunde debieten voor de periode 1986-90 (in m³).
- Tabel 3.3. Neogene zanden, provincie Antwerpen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).
- Tabel 3.4. Neogene zanden, provincie Limburg, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).
- Tabel 3.5. Statistische verwerking van de analyseresultaten voor de Plio-Pleistocene zanden in de provincie Limburg (VANDORMAEL, 1992).
- Tabel 3.6. Statistische verwerking van de analyseresultaten voor de Miocene zanden in de provincie Limburg (VANDORMAEL, 1992).

- Tabel 9.1. Ledo-Paniseliaan, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompt debiet in 1990.
- Tabel 9.2. Ledo-Paniseliaan, Oost- en West-Vlaanderen, vergund debiet in 1990.
- Tabel 9.3. Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten Oost-Vlaanderen, 1987-90.
- Tabel 9.4. Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten West-Vlaanderen, 1987-90.
- Tabel 9.5. Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-90.
- Tabel 9.6. Kwartair West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).
- Tabel 9.7. Kwartair Oost-Vlaanderen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).
- Tabel 9.8. Resultaten van grondwateranalyses van de VMW-winningen te Zele en te Eeklo-Waaistraat.

- Tabel 10.1. Massief van Brabant, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1990 (in m³/jaar).
- Tabel 10.2. Massief van Brabant, Oost- en West-Vlaanderen, vergund debiet 1990 (in m³/jaar).
- Tabel 10.3. Massief van Brabant, overzicht debieten Oost-Vlaanderen, 1987-1990.
- Tabel 10.4. Massief van Brabant, overzicht debieten West-Vlaanderen, 1987-1990.
- Tabel 10.5. Massief van Brabant, overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-1990.
- Tabel 10.6. Landeniaan, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1990.
- Tabel 10.7. Landeniaan, Oost- en West-Vlaanderen, vergunde debieten 1990.
- Tabel 10.8. Landeniaan, evolutie debieten Oost-Vlaanderen, 1987-1990.
- Tabel 10.9. Landeniaan, evolutie debieten West-Vlaanderen, 1987-1990.
- Tabel 10.10. Landeniaan, evolutie debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-1990.

Tabel 11.1. Kustduinen, opgepompte debieten in m³.

Tabel 11.2. Grondwateranalyses van duinwaters uit De Panne,
Oostduinkerke en De Haan.

Tabel 11.3. Grondwateranalyses van duinwaters uit de winningen
te Bredene en te Knokke-Heist.

Tabel 12.1. Ieperiaanzand, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).

Tabel 12.2. Analyseresultaten van grondwaters uit de Ieperiaanzanden.

ALGEMENE INLEIDING

1. Opdracht

Met het schrijven van 17.12.92 verzocht de Administratie Milieu, Natuur en Landinrichting (AMINAL) van het Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap het Laboratorium voor Toegepaste Geologie en Hydrogeologie (LTGH) van de Universiteit Gent (RUG), om deel te nemen aan een inventarisatie van de belangrijkste watervoerende systemen van het Vlaamse Gewest. Deze inventarisatie kadert in een interuniversitair beleidsondersteunend onderzoek waar nog drie andere universiteiten aan meewerken. De watervoerende systemen zijn verdeeld op basis van de beschikbare gegevens van elke universiteit.

2. Door het LTGH te inventariseren watervoerende systemen

Het LTGH diende volgende watervoerende systemen te inventariseren (nummering overgenomen van de inleidende tekst van het subsektoraal plan grondwater) :

- 3. De Neogene zanden van Antwerpen en West-Limburg,
- 9. Het Ledo-Paniseliaan en het Kwartair in West- en Oost-Vlaanderen,
- 10. Het Massief van Brabant en het Landeniaan in West- en Oost-Vlaanderen,
- 11. De kustduinen,
- 12. Het Ieperiaanzand in West- en Oost-Vlaanderen.

Deze vijf systemen worden besproken in de vijf volgende hoofdstukken.

3. Grondwaterpeilen

De AMINAL stelde peilgegevens ter beschikking afkomstig van het primair grondwatermeetnet.

Om een beeld te krijgen van de huidige grondwaterstand van elk watervoerend systeem werden de meest recente gegevens aangevend. Waar de peilmetingen van het primair meetnet ontoerei-

kend bleken, werden bestaande studies geraadpleegd om de actuele situatie te schetsen.

Om de evolutie van de grondwaterpeilen weer te geven werden de gegevens gebruikt die beschikbaar waren vanaf het opstarten van de metingen in het primair meetnet. Deze gegevens zijn door de AMINAL verwerkt tot grafieken. Er werd ook gebruik gemaakt van informatie afkomstig van het LTGH en van de drinkwatermaatschappijen.

4. Grondwaterwinningen

In de databank van de AMINAL bevinden zich alle gekende en vergunde grondwaterwinningen. Deze zijn opgedeeld in vier categorieën : (A = kleine bedrijven (kleine verbruikers), B = de industrie (grote verbruikers), C = de drinkwatermaatschappijen en O = de onvergunde winningen waarvan de AMINAL op de hoogte is).

De debieten per watervoerend systeem en per provincie worden verder opgesplitst in drie verbruikstakken, namelijk de drinkwatermaatschappijen, de industrie en de landbouw. Ter vergelijking wordt dit, waar mogelijk, zowel voor de opgepompte als voor de vergunde debieten weergegeven.

De evolutie van de debieten in de tijd wordt, zowel voor de vergunde als voor de opgepompte debieten, eveneens weergegeven indien voldoende gegevens beschikbaar zijn.

5. Grondwaterkwaliteit

5.1. Inleiding

Van het primair grondwatermeetnet werden grondwatermonsters geanalyseerd. De parameters bicarbonaat (HCO_3^-) en carbonaat (CO_3^{2-}) werden echter niet bepaald waardoor de ionenbalans als controle op de analyse niet kan toegepast worden.

Om de grondwaterkwaliteit van de systemen Massief van Brabant,

Landeniaan, Ledo-Paniseliaan , Kwartair, kustduinen en Ieperiaanzand te bespreken werd gesteund op bestaande studies van het LTGH.

Voor de Neogene zanden in de provincie Antwerpen werden de kwaliteitsgegevens van de PIDPA gebruikt ; voor deze van West-Limburg werden gegevens van de AMINAL aangewend.

In de hiernavolgende paragrafen worden enkele begrippen toegelicht die gebruikt worden bij de bespreking van de grondwaterkwaliteit van de watervoerende systemen Massief van Brabant, Landeniaan en Ledo-Paniseliaan.

5.2. De belangrijkste chemische hoofdparameters

De bepaling van de hierna opgegeven chemische parameters is een absolute vereiste om een volledig inzicht te krijgen in de hoofdkenmerken van een grondwatermonster. Dit betekent echter niet dat de aanwezigheid van hierna niet genoemde elementen (nitraten, nitrieten, zware metalen enz.) in een grondwaterstaal onbelangrijk zouden zijn. Integendeel, wat de drinkbaarheid van grondwater betreft, en de eventuele verontreiniging die het vertoont, zijn dergelijke elementen juist van groot belang. De hierna opgesomde lijst beperkt zich echter tot de hoofdbestanddelen die meestal aanwezig zijn in de hoogste concentraties en die de hoofdtrekken van de grondwaterkwaliteit bepalen. Een minimumanalyse dient in ieder geval deze hoofdbestanddelen te bevatten.

- pH of zuurtegraad : dient zeker bepaald te worden, liefst bij de monstername.
- Geleidbaarheid : wordt liefst bepaald bij de monstername.
- Totale hardheid : wordt best eveneens bepaald, maar kan doorgaans betrouwbaar berekend worden uit de som van calcium en magnesium.
- Belangrijkste kationen : natrium, kalium, calcium, magnesium en ijzer.
- Belangrijkste anionen : chloride, sulfaat, bicarbonaat en carbonaat.

De belangrijkste kationen en anionen laten toe de ionenbalans op te stellen die een controle vormt voor de juistheid en de volledigheid van de analyse (bv. in extreme gevallen van hoge zuurtegraad en lage mineralisatie kan ook aluminium een niet te verwaarlozen bijdrage opleveren).

De classificatie van STUYFZAND (1986) is toepasbaar op de aldus geanalyseerde grondwatermonsters.

5.3. De ionenbalans

De ionenconcentraties uitgedrukt in mg/l worden omgezet in meq/l door de concentratie van elk ion te delen door zijn respectievelijk equivalentgewicht.

De kationensom en de anionensom, beide in meq/l, moeten theoretisch gelijk zijn. Het eventuele verschil tussen beide sommen moet voldoende klein zijn om over een betrouwbare analyse te beschikken. Als betrouwbaarheidsvoorwaarde kan men volgende limiet nemen (DE BREUCK et al., 1969) :

$$\frac{\Sigma an - \Sigma kat}{\Sigma an + \Sigma kat} \leq 5 \%$$

Uitzonderlijk kan bij zeer weinig gemineraliseerde waters deze limietwaarde opgetrokken worden tot $\leq 10 \%$ om nog over betrouwbare gegevens te kunnen beschikken.

Grotere verschillen wijzen of op een foute analyse of op het feit dat één of meerdere ionen niet zijn opgenomen in de balans maar toch in betekenisvolle hoeveelheden aanwezig zijn.

5.4. De grondwaterclassificatie volgens STUYFZAND (WALRAEVENS, 1987)

In STUYFZAND (1986) wordt een grondwaterclassificatie voorgesteld waarin elk watertype wordt getypeerd door vier symbolen die ieder verwijzen naar een classificatie-onderdeel.

5.4.1. Het hoofdtype

Het eerste symbool in de classificatiennaam definieert het

hoofdtype. Het wordt afgeleid uit het Cl⁻-gehalte (tabel 1).

Tabel 1. - Bepaling van het eerste symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op het chloridegehalte (STUYFZAND, 1986).

Hoofdtype	Code	Cl ⁻ (mg/l)
zoet	F	< 150
zoet tot brak	F _b	150 - 300
brak	B	300 - 1 000
brak tot zout	B _s	1 000 - 10 000
zout	S	10 000 - 20 000
hyperhalien	H	> 20 000

5.4.2. De hardheidscode

Het tweede symbool wordt afgeleid uit de totale hardheid (tabel 2).

Tabel 2. - Bepaling van het tweede symbool in de classificatiennaam van een watertype, steunend op de totale hardheid (STUYFZAND, 1986).

Benaming	Code	TH (°F)
zeer zacht	*	< 5
zacht	0	5 - 10
matig hard	1	10 - 20
hard	2	20 - 40
zeer hard	3	40 - 80
uiterst hard	4	80 - 160
uiterst hard	5	160 - 320
uiterst hard	6	320 - 640
uiterst hard	7	640 - 1 280
uiterst hard	8	1 280 - 2 560
uiterst hard	9	> 2 560

5.4.3. Het type

De relatieve verdeling van kationen en anionen is een belangrijk kenmerk voor het herkennen van de processen die de grondwaterkwaliteit bepaald hebben. De belangrijkste kationengroep en anionengroep bepalen het type van een grondwater.

Het derde element in de classificatienaam bestaat uit twee delen : de naam van een kation en die van een anion. De bepalingswijze wordt weergegeven in figuur 1.

5.4.4. De kationenuitwisselingscode

Het laatste symbool in de classificatienaam duidt aan of zich in het grondwater al dan niet kationenuitwisseling heeft voorgedaan en van welke aard deze uitwisseling is geweest. De som van Na^+ , K^+ en Mg^{2+} (in meq/l) wordt gecorrigeerd voor de zeewaterbijdrage, afgeleid uit het Cl^- -gehalte :

$$(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}} = (\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{gemeten}} - 1,061 \text{ Cl} \quad (\text{meq/l})$$

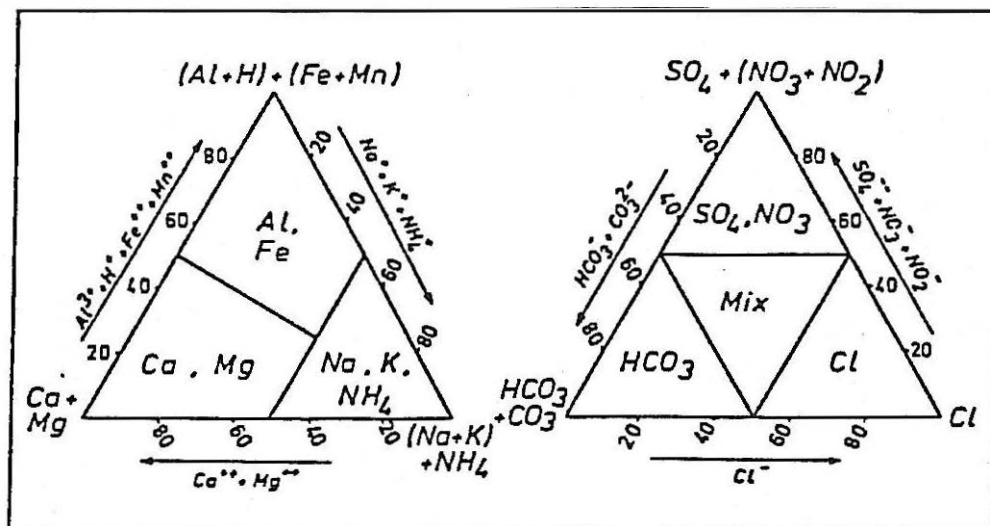
met

$$\frac{(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg}) \text{ (meq/l)}}{\text{Cl} \text{ (meq/l)}} = 1,061 \text{ voor gemiddeld oceaanwater.}$$

De kationenuitwisselingscode wordt toegekend volgens het teken van de kationenuitwisselingsparameter $(\text{Na} + \text{K} + \text{Mg})_{\text{verbeterd}}$, waarbij rekening wordt gehouden met een foutmarge gelijk aan $\sqrt{0,5} \text{ Cl}$ (tabel 3).

Tabel 3. - Bepaling van de kationenuitwisselingscode (STUYF-ZAND, 1986).

Benaming	Code	Voorwaarde
$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})$ -tekort	-	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} < -\sqrt{1/2} \text{ Cl}$
$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})$ -evenwicht	0	$-\sqrt{1/2} \text{ Cl} \leq (\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} \leq +\sqrt{1/2} \text{ Cl}$
$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})$ -overschot	+	$(\text{Na}+\text{K}+\text{Mg})_{\text{verbeterd}} > \sqrt{1/2} \text{ Cl}$



Bepaling van het watertype op basis van het proportioneel aandeel van de hoofdkomponenten in de som van de kationen (links) en in de som van de anionen (rechts) in meq/l. Eerst worden de hydrochemische families bepaald die het sterkst vertegenwoordigd zijn. Deze hydrochemische families zijn voorgesteld aan de hoekpunten van beide driehoeken, b.v. de $((Na+K)+NH_4)$ - en (HCO_3+CO_3) -families. Vervolgens wordt het sterkst vertegenwoordigd bestanddeel of bestanddelenpaar binnen een familie bepaald, b.v. $(Na+K)$ en HCO_3 . Tenslotte wordt de sterkste component binnen een paar aangeduid, b.v. Na. De combinatie van b.v. Na en HCO_3 geeft het type weer, hier $NaHCO_3$. De paren binnen een familie zijn tussen haakjes geplaatst. De sterkste vertegenwoordigers binnen een familie, die tot nu toe werden aangetroffen, zijn aangeduid in de overeenkomstige velden binnen de driehoeken (STUYFZAND, 1986).

Figuur 1. Bepaling van het watertype op basis van het proportioneel aandeel van de hoofdkomponenten in de som van de kationen en in de som van de anionen.

6. Grondwaterverbruik in de landbouw

6.1. Grondwaterverbruik bij de veeteelt

De gegevens van het drinkwaterverbruik voor de veeteelt zijn afkomstig van de AMINAL.

Voor het drinkwaterverbruik per dier werd het gemiddelde genomen van de opgegeven limietwaarden. Eerst is per gemeente, gerangschikt volgens het NIS-nummer, het waterverbruik van alle geregistreerde dieren samengeteld.

Nadien is per provincie (via het NIS-nummer) de som gemaakt van het aantal bedrijven, de oppervlakte landbouwgrond en het drinkwaterverbruik. De resultaten zijn in tabel 4 opgenomen.

Tabel 4. - Drinkwaterverbruik bij de veeteelt.

Provincie	Aantal bedrijven	Oppervlakte landbouwgrond in ha	Waterverbruik in m ³ /dag	Waterverbruik in m ³ /jaar
West-Vlaanderen	16 456	208 413,22	51 578,604	18 826 190
Oost-Vlaanderen	14 668	147 017,56	34 741,371	12 680 600
Antwerpen	8 974	80 136,55	27 995,141	10 218 226
Limburg	7 021	79 623,13	15 159,631	5 533 265
Vlaams-Brabant	8 710	86 976,43	9 756,064	3 560 963
Totaal Vlaams Gewest	55 829	602 166,89	139 230,811	50 819 244

West-Vlaanderen, dat de grootste landbouwoppervlakte heeft en het meeste bedrijven, kent ook het grootste drinkwaterverbruik.

De bekomen waarden geven enkel aan hoeveel water er als drinkwater wordt verbruikt. Het waterverbruik voor het reinigen van de stallen, installaties enz. is niet gekend. Het totale waterverbruik voor de veeteelt kan daardoor niet bepaald worden.

Het aandeel van het grondwater in dit verbruik is evenmin gekend. Het is zeer waarschijnlijk dat grote veeteeltbedrijven beroep doen op grondwater. Het grondwaterverbruik kan worden

geraamd op ca. 50 miljoen m³ per jaar, rekening houdend met het waterverbruik voor het onderhoud.

6.2. Grondwaterverbruik bij de plantenteelt

De azaleateelt in Oost-Vlaanderen verbruikt per jaar ca. 6 à 7 miljoen m³ drinkwater. Het aandeel grondwater hierin is niet gekend.

7. Pluviometrische gegevens

7.1. Inleiding

De schommelingen van het grondwaterpeil met de tijd kunnen in drie groepen worden ingedeeld :

- meerjarige schommelingen, te wijten aan een opeenvolging van natte of droge jaren ;
- seizoenschommelingen, bestaande uit een opeenvolging van opvullings- en afvloeiperioden ;
- onregelmatige schommelingen, tengevolge van korte perioden met hevige neerslag, grondwaterwinning enz.

Onder de stijghoogteschommelingen die het gevolg zijn van natuurlijke factoren zijn seizoenschommelingen, te wijten aan een opeenvolging van natte en droge perioden, de belangrijkste. Ze worden veroorzaakt door variaties in neerslaghoeveelheid en evapotranspiratie (ZEUWTS, 1991).

Neerslag op zich is geen accurate indicator van grondwaterpeilschommelingen. De belangrijkste factor is de voeding (in de veronderstelling dat de jaarlijkse grondwateronttrekking constant blijft), die op zijn beurt afhangt van neerslagintensiteit en -distributie en hoeveelheid oppervlakkige afvoer (TODD, 1980). Zo bijvoorbeeld kan het grondwaterpeil dat na een aantal zeer droge jaren gedaald is met twee à drie meter, zich in een periode van minder dan één jaar weer op het normale niveau herstellen (DRISCOLL, 1989).

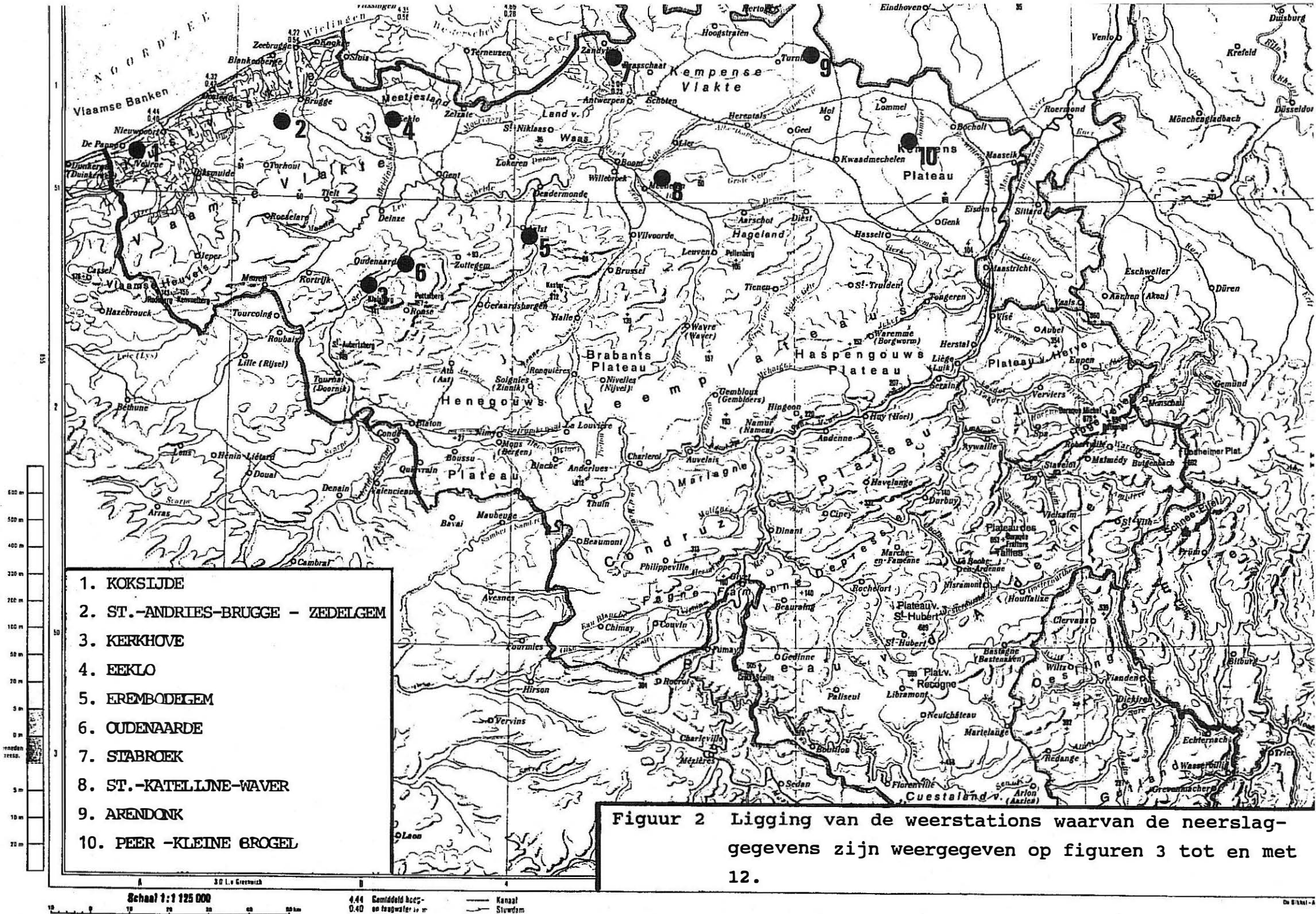
Andere factoren die de grondwaterstand beïnvloeden zijn infiltratie of drainage vanuit of naar kanalen en rivieren, evapotranspiratie (vooral bij freatische systemen), luchtdruk, wind, vorst, getijden, enz. (TODD, 1980).

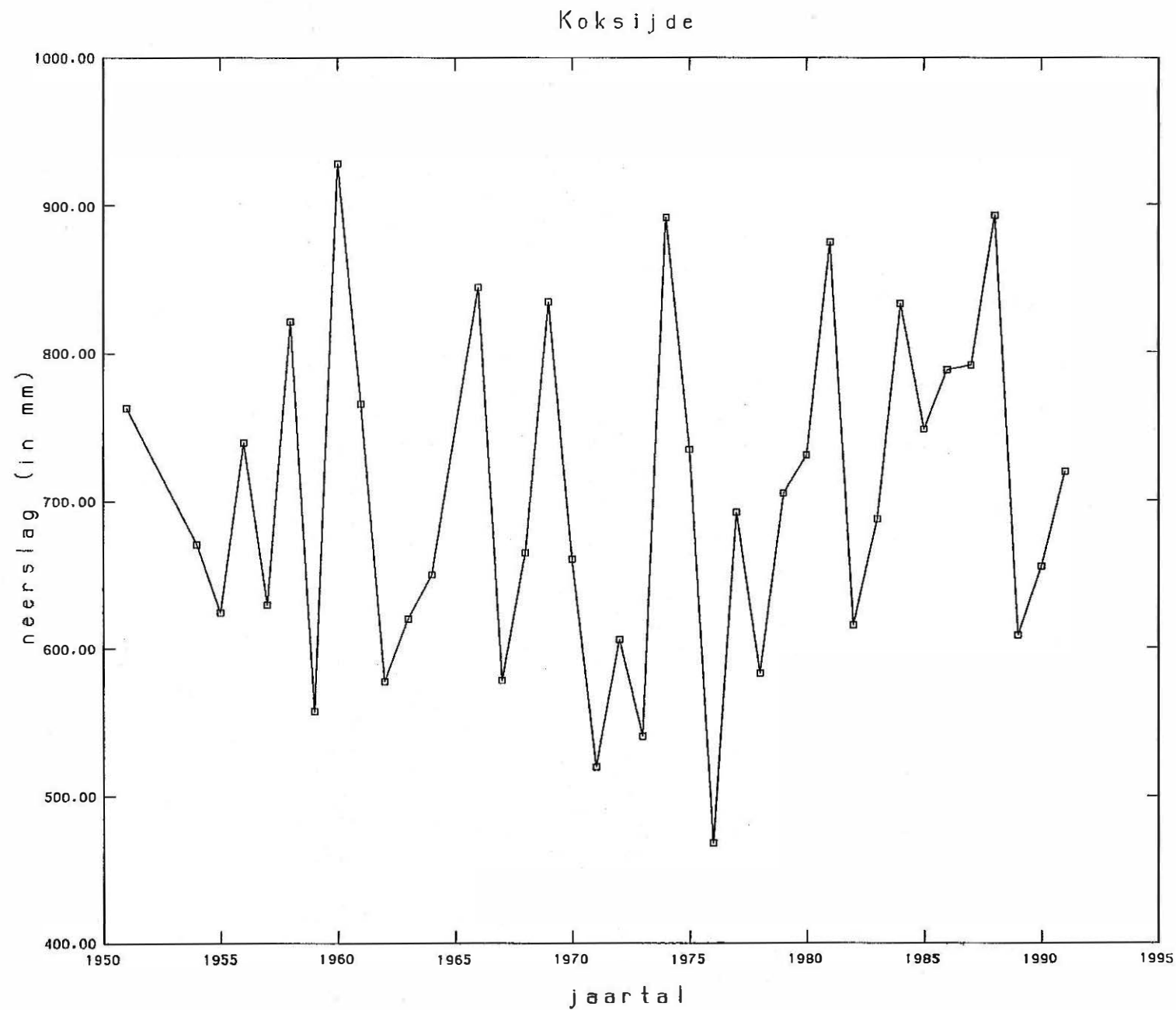
7.2. Neerslaggrafieken

Rekening houdend met het voorgaande zullen ter informatie een aantal neerslaggrafieken worden weergegeven afkomstig van weerstations verspreid over West- en Oost-Vlaanderen, Antwerpen en Noord-West-Limburg. De ligging van de weerstations is aangegeven op figuur 2. De neerslaggrafieken zelf worden voorgesteld op figuren 3 tot en met 12.

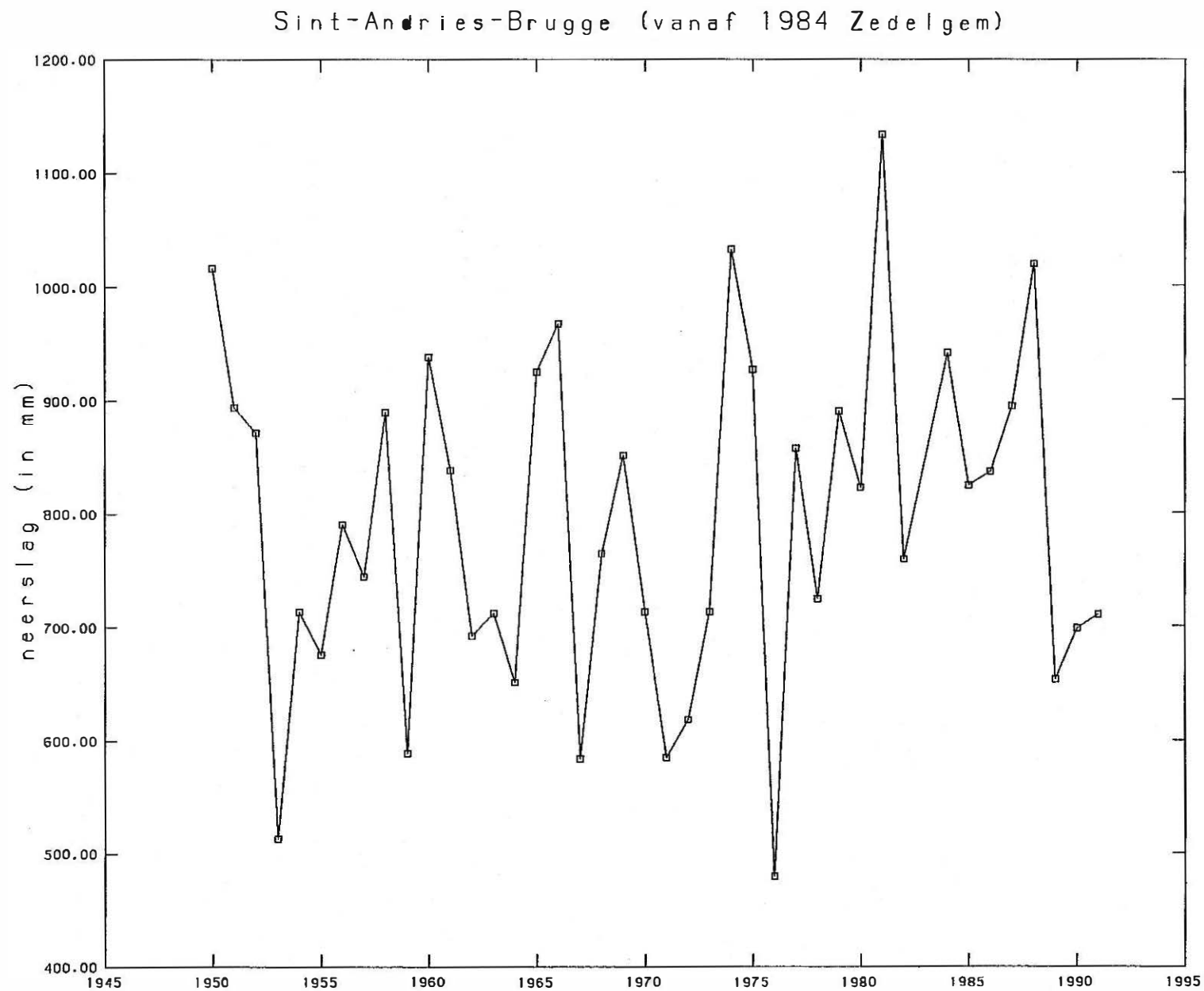
8. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden vanaf 1974 regelmatig algemene hydrogeologische studies uitgevoerd met betrekking tot de aangegeven watervoerende lagen. Deze studies worden vermeld in de bespreking van de verschillende systemen. Naast deze algemene studies werden ook tientallen onderzoeken uitgevoerd die echter slechts lokale en zeer specifieke informatie leverden (licentiaats-theses, studies over ontginningen, stortplaatsen, bemalingen enz.). Gezien het in tijd en ruimte beperkte karakter ervan worden ze niet vermeld bij de bespreking van de watervoerende systemen.

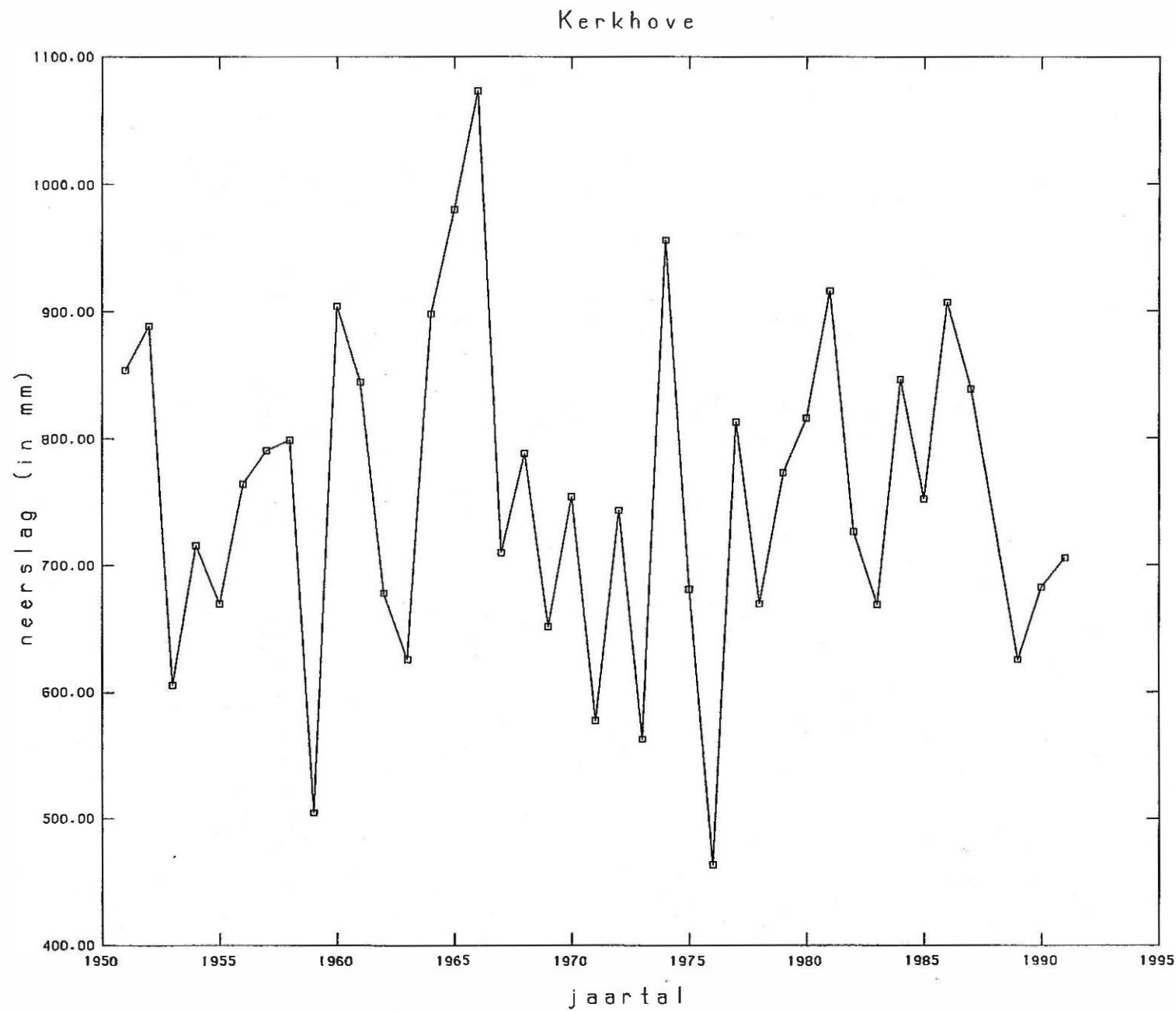




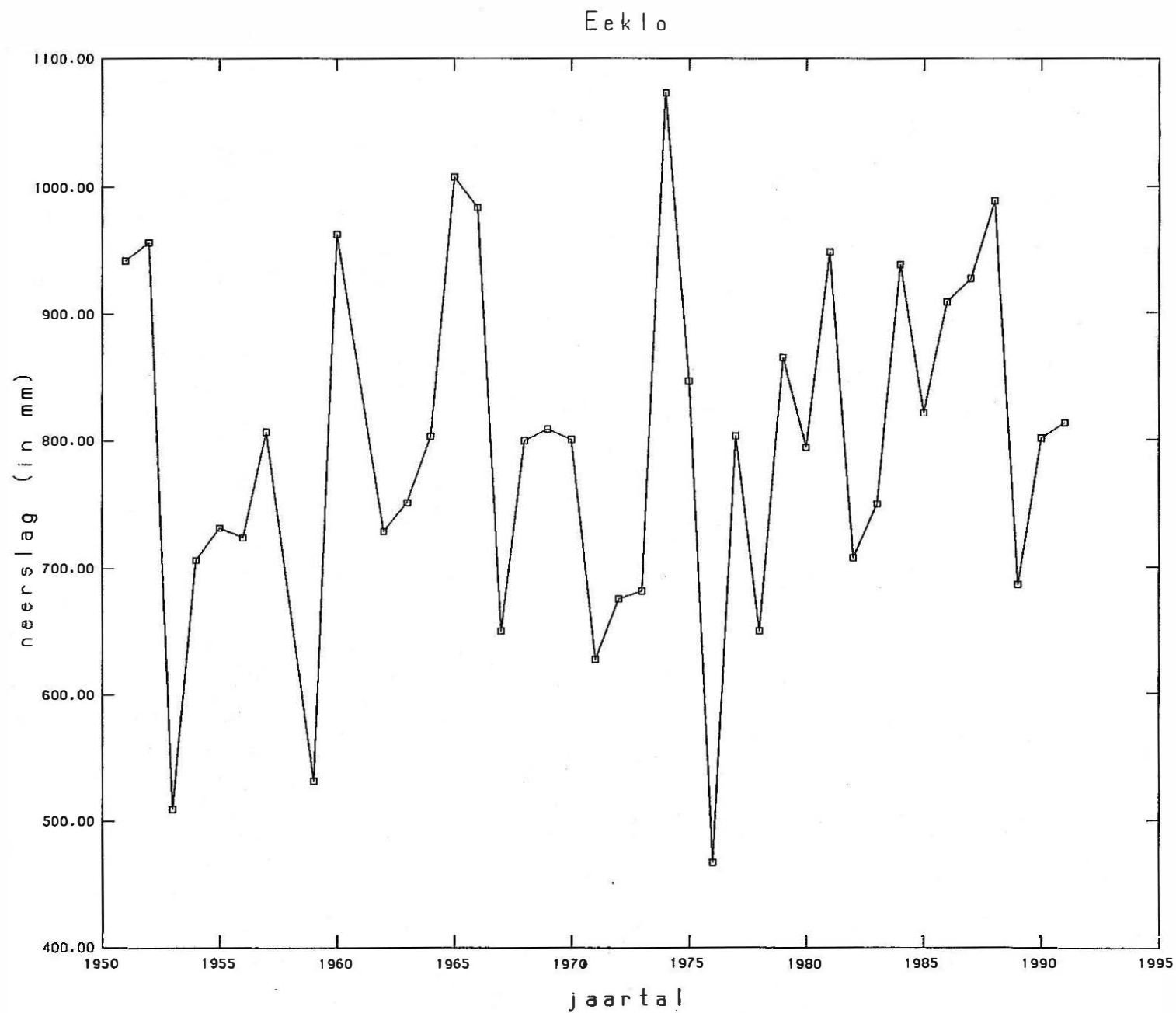
Figuur 3. Neerslaggrafiek voor het station Koksijde.



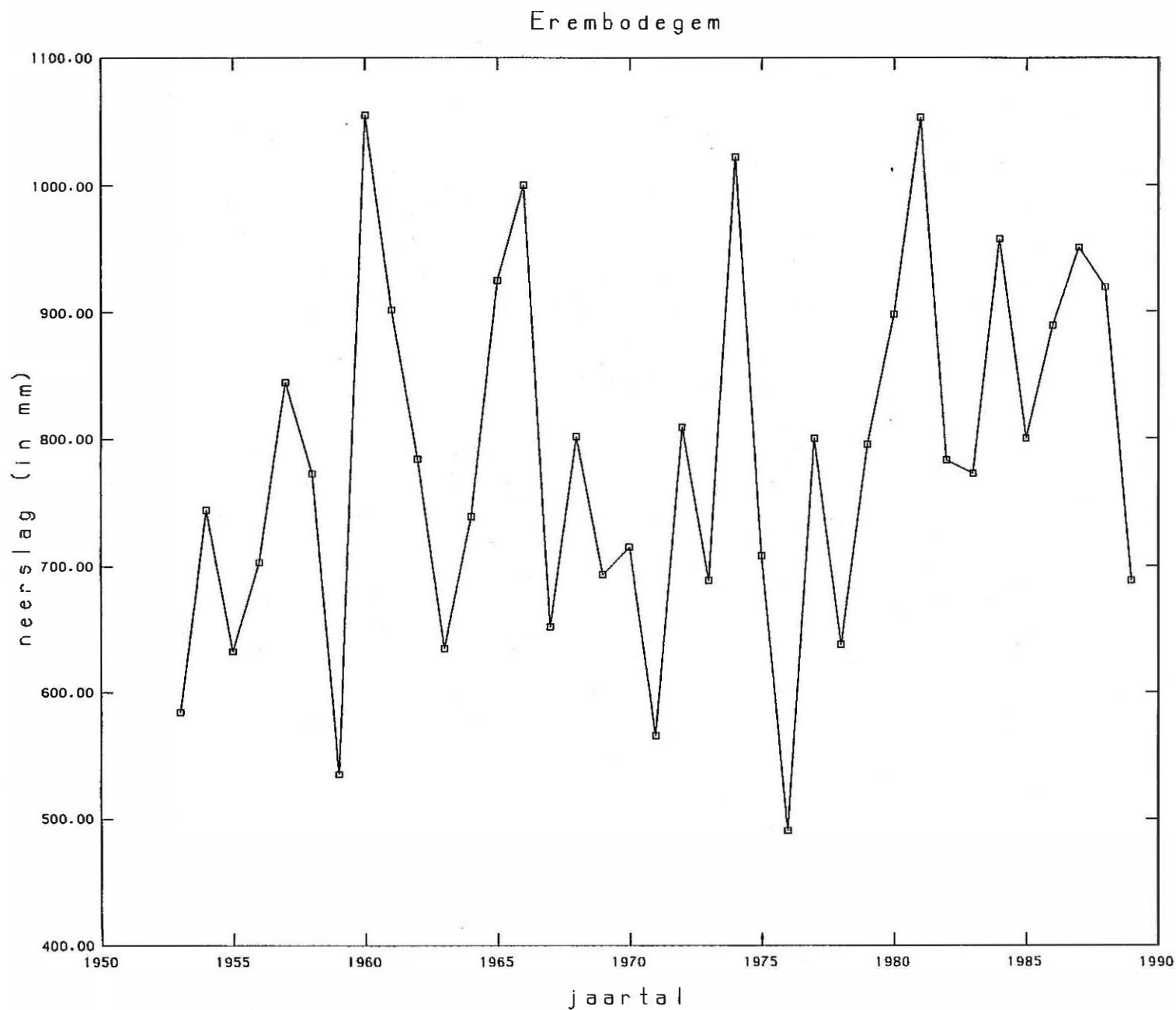
Figuur 4. Neerslaggrafiek voor het station St.-Andries-Brugge - Zedelgem.



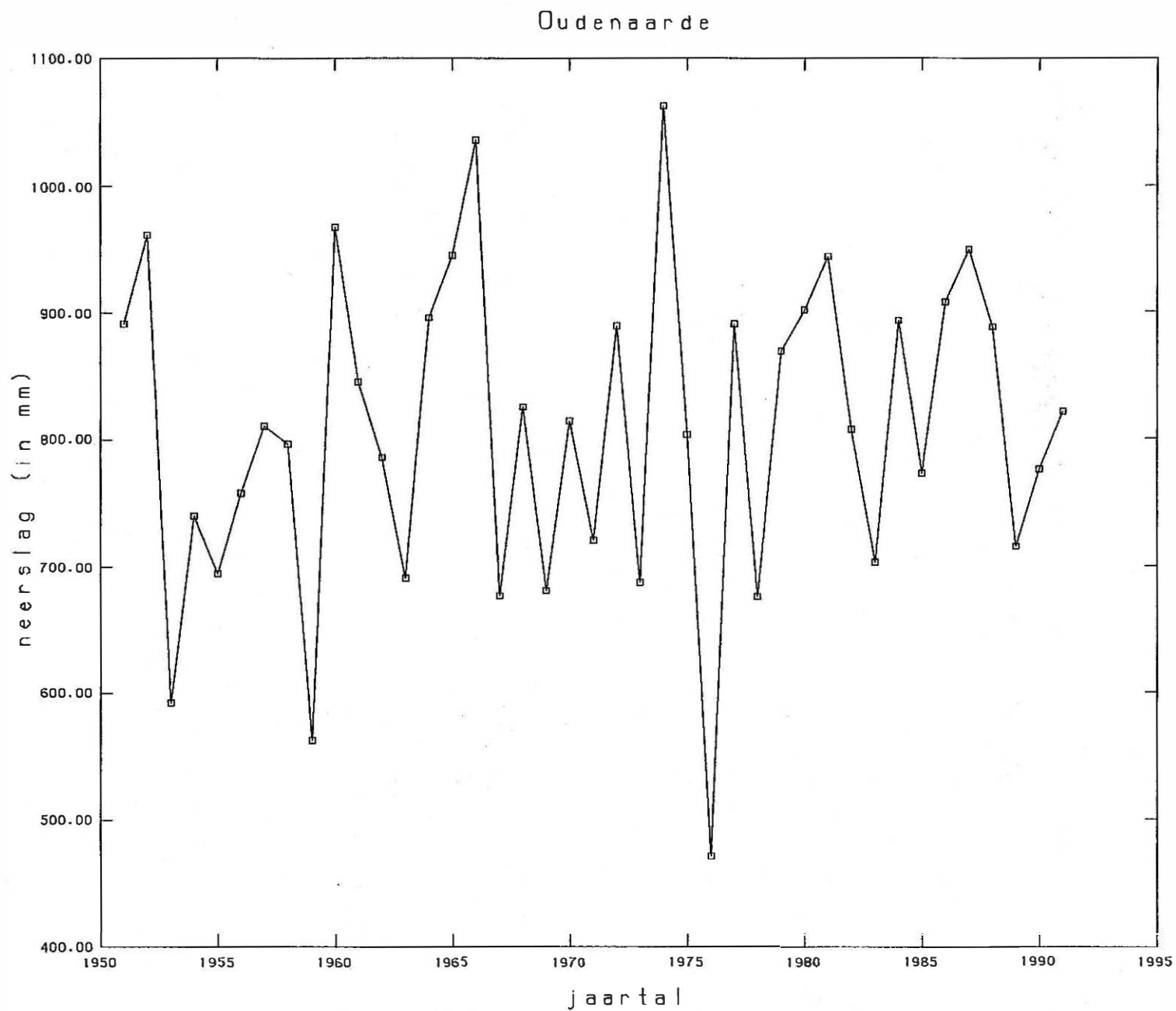
Figuur 5. Neerslaggrafiek voor het station Kerkhove.



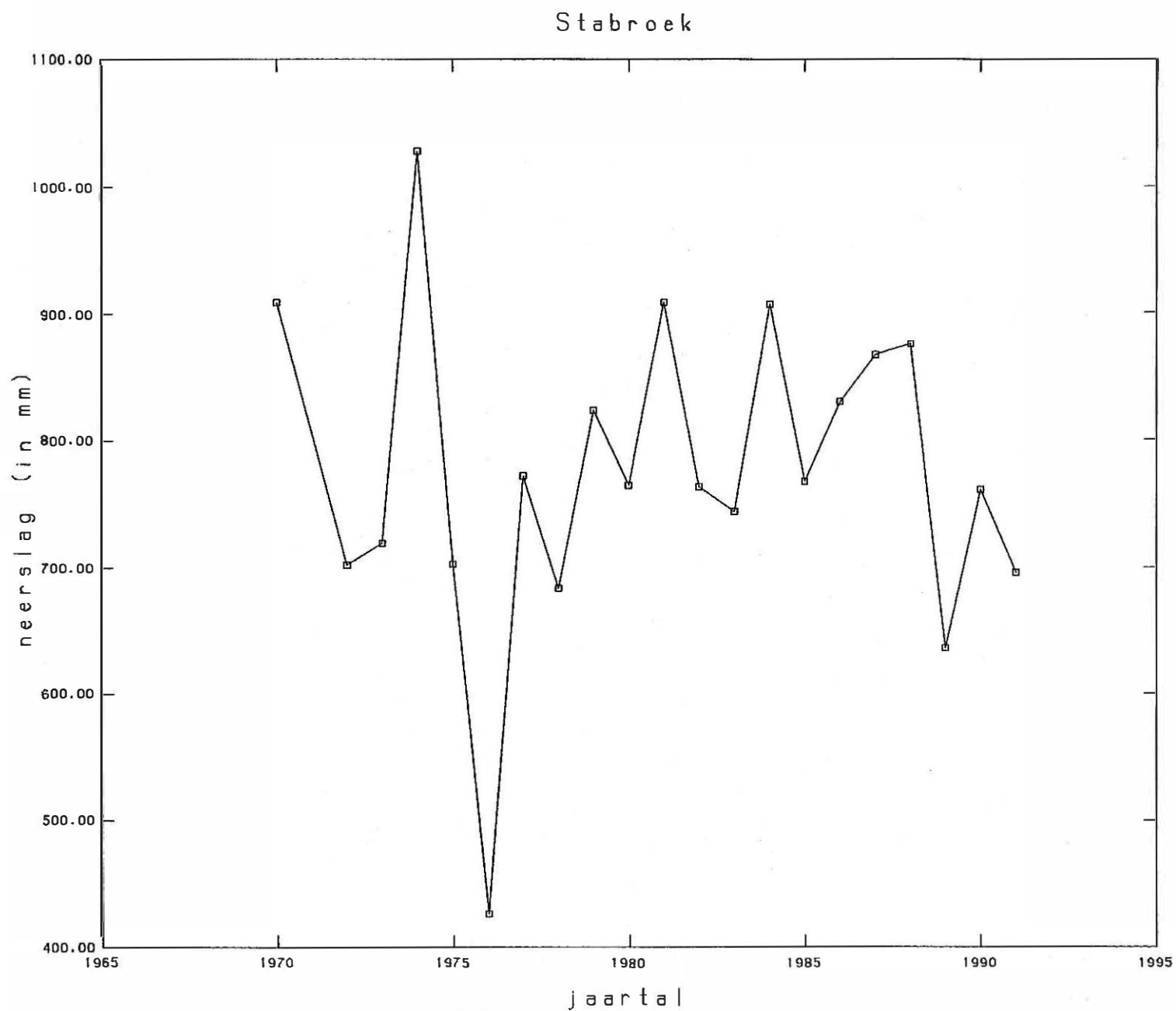
Figuur 6. Neerslaggrafiek voor het station Eeklo.



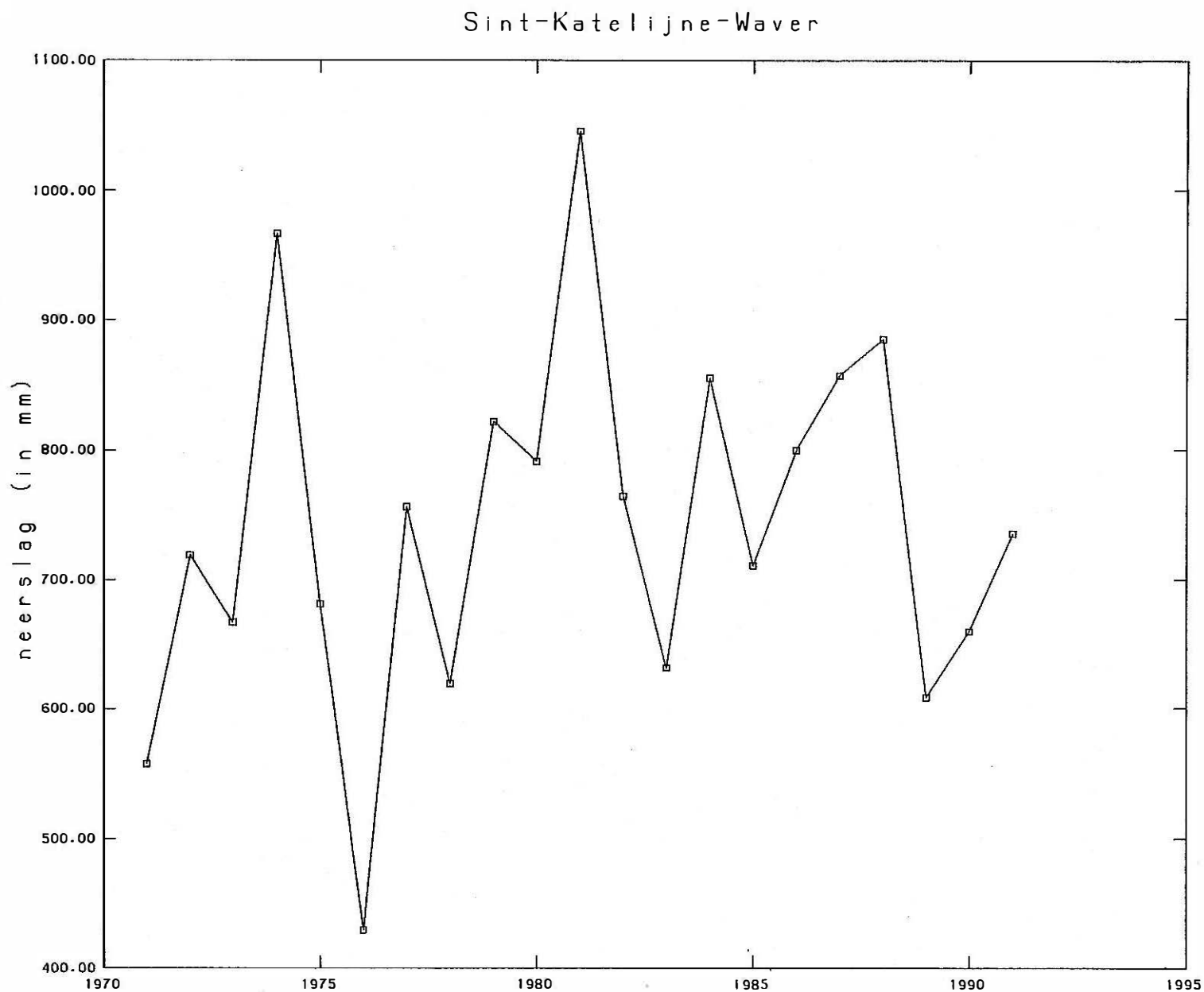
Figuur 7. Neerslaggrafiek voor het station Erembodegem.



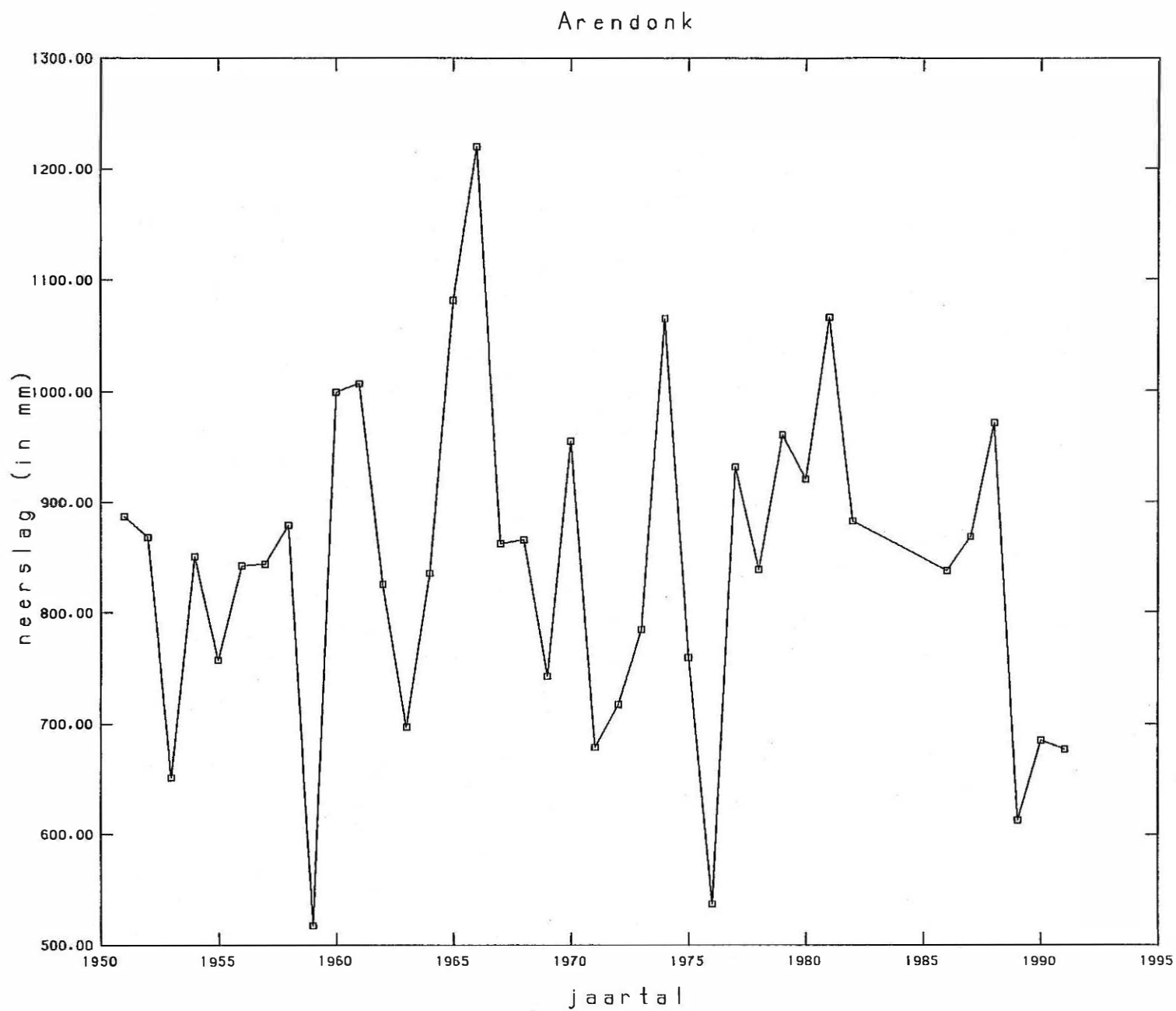
Figuur 8. Neerslaggrafiek voor het station Oudenaarde.



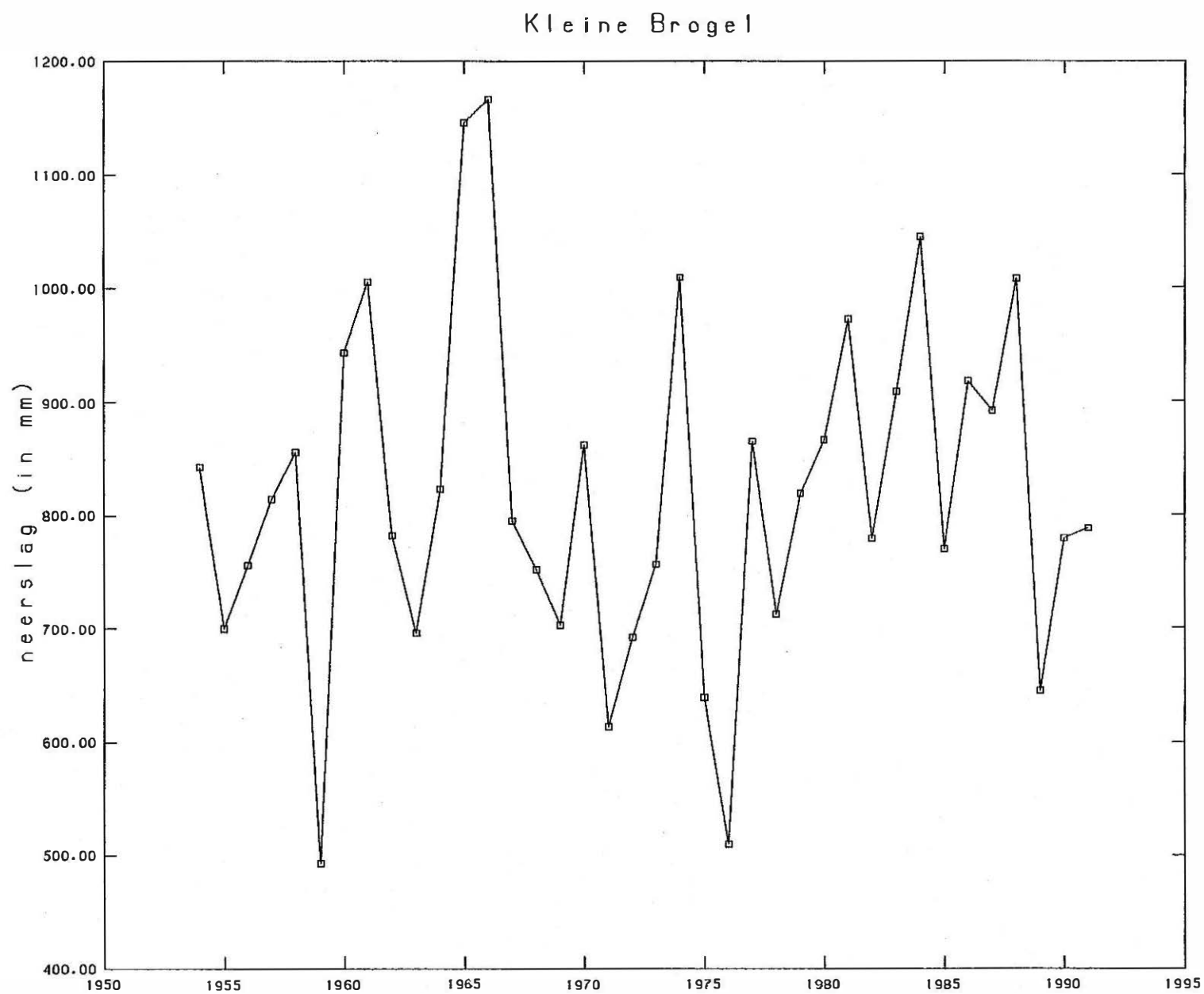
Figuur 9. Neerslaggrafiek voor het station Stabroek.



Figuur 10. Neerslaggrafiek voor het station St.-Katelijne-Waver.



Figuur 11. Neerslaggrafiek voor het station Arendonk.



Figuur 12. Neerslaggrafiek voor het station Peer-Kleine Brogel.

3. DE NEOGENE ZANDEN VAN ANTWERPEN EN WEST-LIMBURG

3.1. Voorkomen

De neogene zanden komen voor in het grootste deel van de provincie Antwerpen en Noord-Limburg (fig. 3.1). In de noordelijke helft worden de neogene afzettingen bedekt door pleistocene formaties. De verschillende lagen duiken naar het noordoosten.

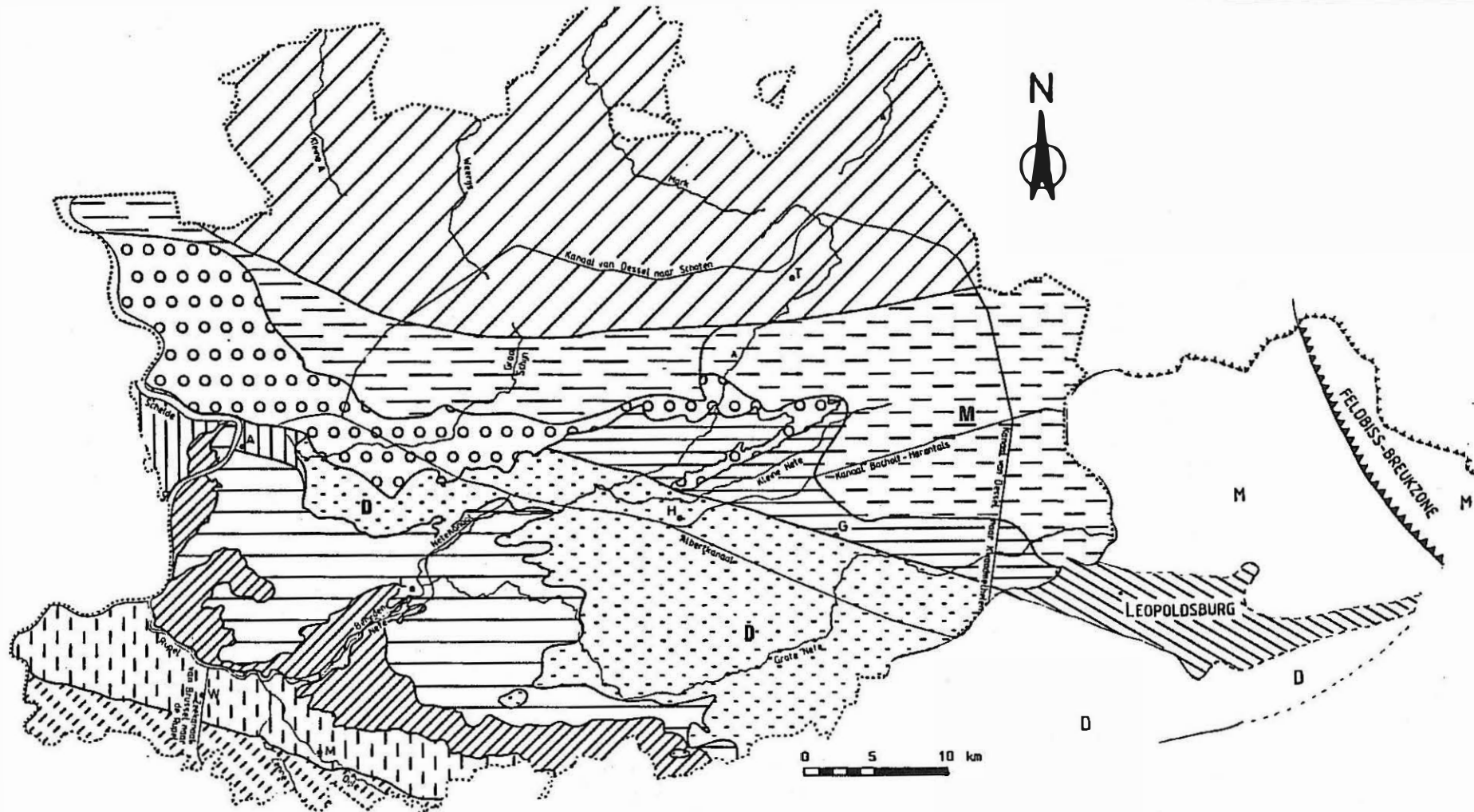
3.2. Geologie

Het Neogeen omvat de geologische periodes Mioceen en Pliocene. In tabel 3.1 wordt de lithostratigrafische indeling van beide periodes weergegeven.

Het substraat van de neogene afzettingen wordt grotendeels gevormd door de Klei van Boom (Oligoceen). Deze vertoont eveneens een noordoostelijke duiking en vormt de zeer slecht doorlatende basis van het watervoerend systeem.

Het Neogeen bestaat uit volgende formaties (gerangschikt van oud naar jong) :

- De Formatie van Berchem : deze dagzoomt ten zuiden en zuidoosten van de stad Antwerpen ("Antwerpiaan"). Ze bestaat uit glauconiethoudende en weinig kleihoudende zanden met veel schelpen.
- De Formatie van Diest : dit zijn grove, weinig kleihoudende zanden, rijk aan glauconiet. Ze zijn nagenoeg ontkalkt, behalve in het fijnere facies aan de basis.
- De Formatie van Kasterlee : de basis van deze zanden bestaat uit grijsgroene, glauconietrijke en micahoudende fijne zanden die moeilijk te onderscheiden zijn van het Diestiaanzand. Naar boven toe vermindert het glauconietgehalte en kunnen er lenzen van micahoudende klei voorkomen.
- De Formatie van Kattendijk : grijsgroene, fijne, glauconietrijke zanden, weinig kleihoudend en met veel schelpen.
- De Formatie van Lillo : glauconiethoudende en kleihoudende zanden ; het kleigehalte neemt toe naar het noordoosten.



LEGENDE

-  FORMATIE VAN DE KEMPEN
-  FORMATIE VAN BRASSCHAAT
-  FORMATIE VAN MOL
-  FORMATIE VAN LILLO
-  FORMATIE VAN KATTENDIJK
-  FORMATIE VAN KASTERLEE
-  FORMATIE VAN KASTERLEE

-  FORMATIE VAN DIEST
-  FORMATIE VAN BERCHEM
-  FORMATIE VAN DE RUPEL
-  FORMATIE VAN ZELZATE
-  FORMATIE VAN HET MEETJESLAND

Figuur 3.1. Lithostratigrafische kaart van de provincie Antwerpen en Noord-Limburg.

KRONOSTRATIGRAFIE			LITOSTRATIGRAFIE	LITOLOGIE	MAXIMALE DIKTE	HYDROGEOLOGIE	
ERA	PERIODE	TIJDVAK	FORMATIE				
C E N O Z O I C U M	K W A R T A I R	HOLOCEEN	FORMATIES VAN HET HOLOCEEN	Klei, leem, veen, zand, grind	5 m	Plaatselijk doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend	
		PLEISTOCEEN	FORMATIES VAN HET BOVEN-EN MIDDEN-PLEISTOCEEN	Leem, veen, zand, grind	15 m	Doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend	
			FORMATIE VAN DE KEMPEN	Afwisseling van fijn tot plaatselijk grof zand en klei	35 m	Plaatselijk doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend	
			FORMATIE VAN BRASSCHAAT/MERKSPLAS	Fijn tot grof zand	30 m	Doorlatend	
	T E R T I A I R	N E O G E E N	PLIOCEEN	FORMATIE VAN MOL	Fijn tot grof zand	40 m	Doorlatend
				FORMATIE VAN LILLO	Afwisseling van glauconiethoudend, schelprijk fijn zand en glauconiethoudend, schelprijk kleihoudend fijn zand tot klei	30 m	Doorlatend, met plaatselijk slecht doorlatende niveau's
				FORMATIE VAN KATTENDIJK	Glauciethoudend, schelphoudend fijn zand	15 m	Doorlatend
				FORMATIE VAN KASTERLEE	Glauciethoudend fijn zand, plaatselijk kleihoudend	25 m	Doorlatend, plaatselijk slecht doorlatend
		MIOCEEN	FORMATIE VAN DIEST	Glauciethoudend fijn tot grof zand, met plaatselijk verharde niveau's	130 m	Doorlatend	
			FORMATIE VAN BERCHEM	Glaucietrijk, schelphoudend tot kleihoudend fijn zand	65 m	Doorlatend plaatselijk slecht doorlatende niveau's	
		P A L E O G E E N	OLIGOCEEN	FORMATIE VAN DE RUPEL	Stijve klei	115 m	Zeer slecht doorlatend
				FORMATIE VAN ZELZATE	Glauciethoudend, plaatselijk kleihoudend fijn zand	25 m	Doorlatend tot plaatselijk slecht doorlatend
			EOCEEN	FORMATIE VAN HET MEETJESLAND	Afwisseling van stijve klei en glauconiethoudend fijn zand	50 m	Afwisselend slecht doorlatend en zeer slecht doorlatend

Tabel 3.1. Stratigrafie en hydrogeologie van de Neogene formaties in Antwerpen en Limburg.

- De Formatie van Mol : continentale afzettingen van fluvio-lagunaire oorsprong bestaande uit middelmatig tot grove witte kwartszanden en lignietlagen.

Het Kwartair, dat in het noorden de Neogene formaties bedekt, bestaat uit volgende afzettingen :

- De Formatie van Merksplas : grove tot zeer grove witte kwartszanden die schelpen bevatten.
- De Formatie van Brasschaat : witgele, fijne kwartszanden.
- De Formatie van de Kempen : een kompleks van zanden en kleilenzen. Plaatselijk kunnen deze kleilenzen een aaneengesloten geheel vormen. Deze formatie komt voor ten noorden van het Kempisch kanaal ; meer naar het noorden toe worden de kleilagen belangrijker en komen ze ook dieper voor.

3.3. Hydrogeologie

De belangrijkste watervoerende laag in het neogene systeem wordt gevormd door de Formaties van Berchem en van Diest. In het noorden is deze laag zuiver artesisch, in het zuiden zuiver freatisch. In het centrale deel komen alle overgangen voor van bijna zuiver freatisch tot bijna volledig artesisch. Deze overgang gebeurt vrij onregelmatig doordat de afdekkende tussenlaag gevormd wordt door verschillende lithologische eenheden die sterk wisselen in samenstelling.

In het oosten wordt het watervoerend pakket van de Formaties van Berchem en van Diest afgedekt door een kleiige topzone van de Formatie van Diest.

Ten noorden van het Kempisch kanaal, waar de kleien van de Formatie van de Kempen voorkomen, is er een tweede artesische laag gevormd door de Formatie van Merksplas. In dezelfde streek is er boven de Formatie van de Kempen nog een ondiep freatisch watervoerend pakket gevormd door de zanden van de Formatie van de Kempen. Lokaal komen nog kleine artesische lagen voor tussen de kleilenzen van de Formatie van de Kempen.

3.4. Grondwaterpeilen en -winningen

3.4.1. Waargenomen waterpeilen

Voor de bespreking van de grondwaterstanden in de verschillende formaties werd gebruik gemaakt van de metingen uitgevoerd op het primair grondwatermeetnet van de AMINAL.

De ligging van de hiernavermelde gemeenten is aangegeven op fig. 3.2.

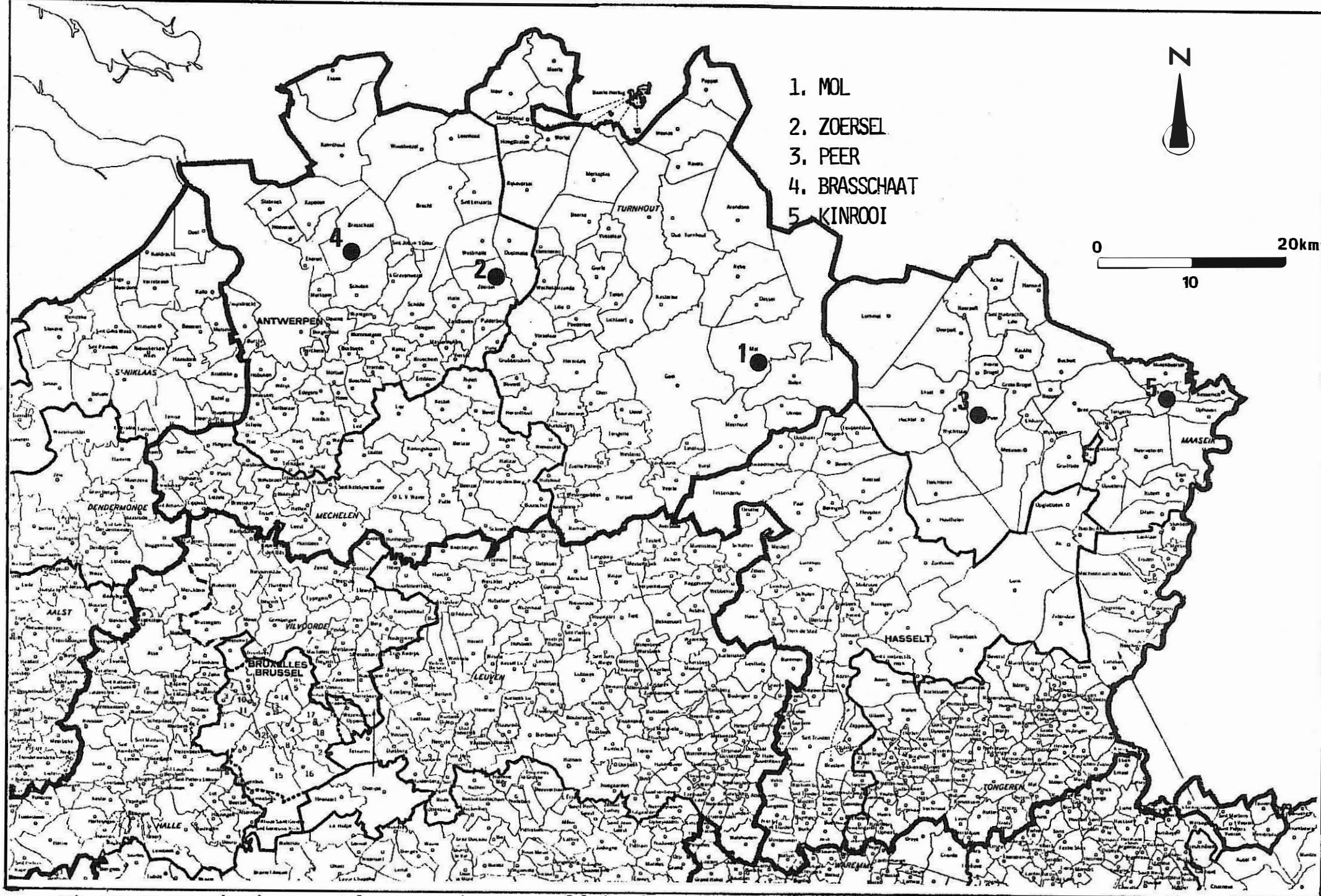
Voor de Formaties van Berchem en van Diest worden in fig. 3.3, 3.4 en 3.5 de evolutie van de grondwaterdieptes weergegeven te Mol en te Zoersel (Antwerpen) en te Peer (Limburg) voor respectievelijk de periodes 1981-91, 1976-90 en 1987-92.

Te Mol is sedert april 1989 een stijging waar te nemen terwijl voor Zoersel en Peer een geleidelijke daling van de grondwartertafel wordt vastgesteld in de vermelde periode.

De evolutie van de grondwaterdieptes in de Formatie van Kasterlee en Kattendijk wordt voorgesteld in fig. 3.6 (Mol). Tussen 1980 en 1989 schommelt de grondwaterdiepte rond 22 m terwijl vanaf 1989 een stijging van ca. 0,75 m werd vastgesteld.

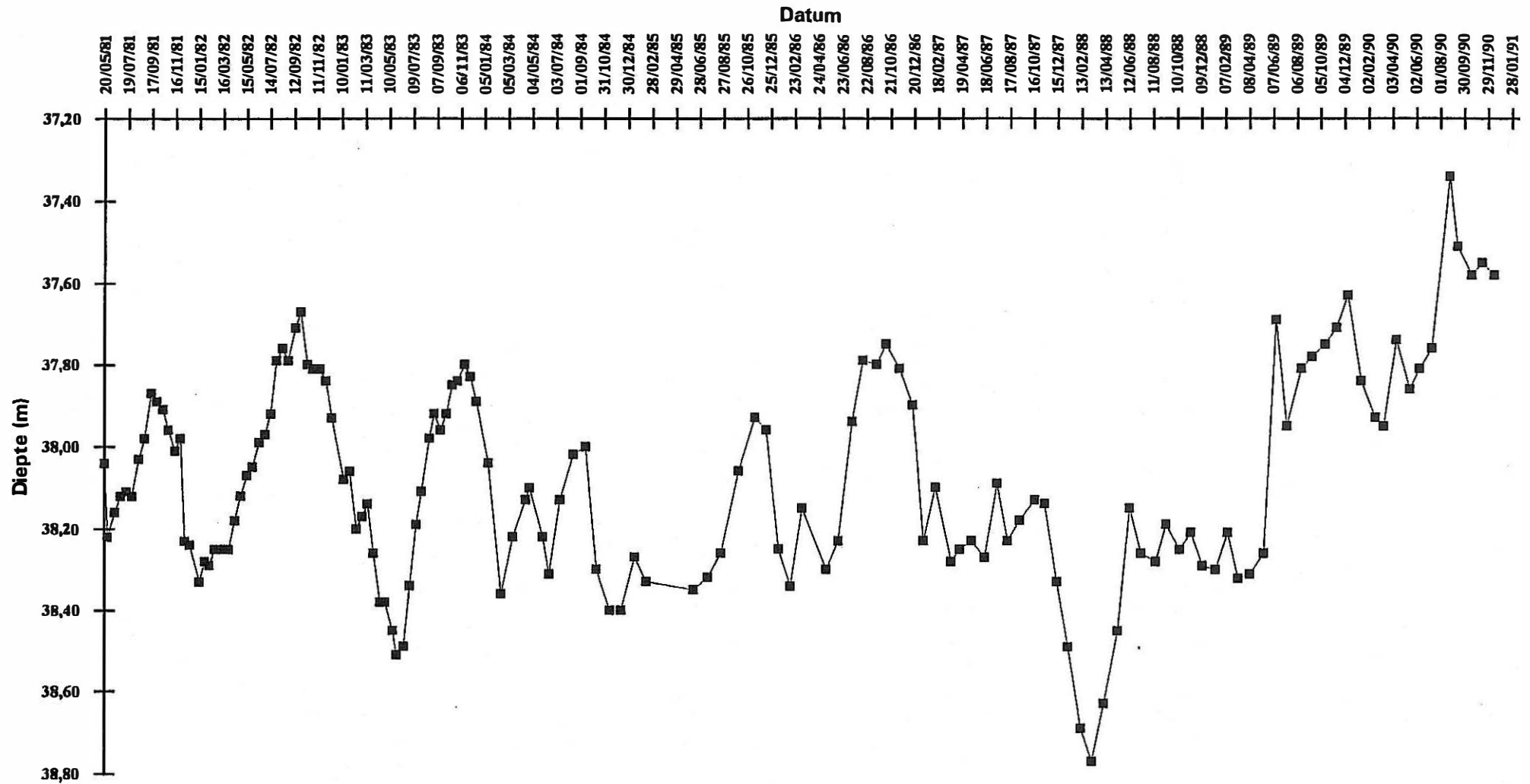
Voor de Formatie van Lillo (fig 3.7) werd te Mol eveneens een continue stijging vastgesteld vanaf 1989.

De evolutie van de grondwaterstanden in de Formatie van Mol is voorgesteld in fig. 3.8 tot en met 3.10. Voor de putten gelegen te Mol en te Brasschaat werden geen noemenswaardige schommelingen vastgesteld ; voor de put te Kinrooi werd tussen 1987 en 1991 een daling van ca. 0,5 m waargenomen.



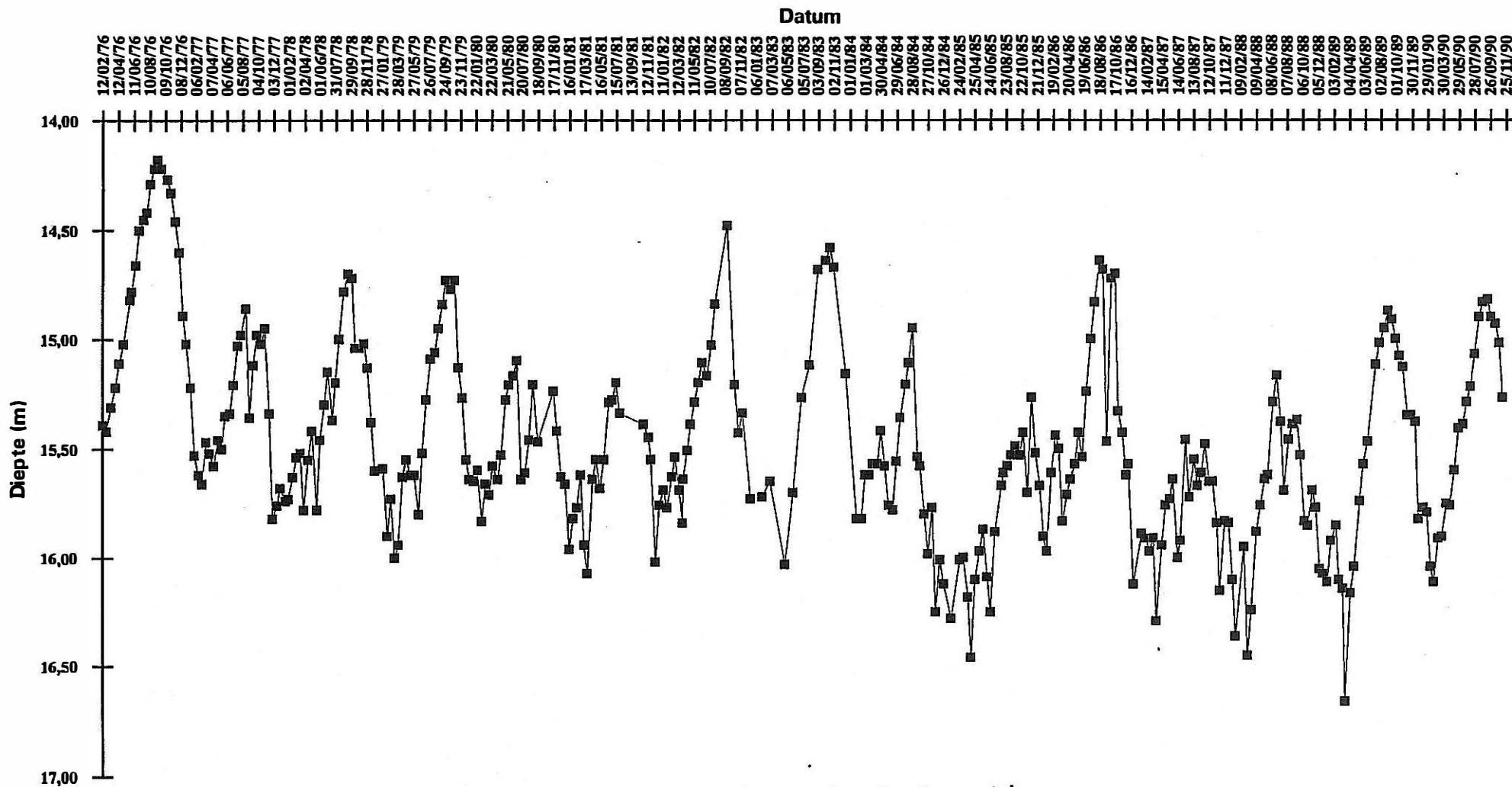
Figuur 3.2. Ligging van de gemeenten vermeld in de bespreking van de grondwaterpeilen.

2400 MOL



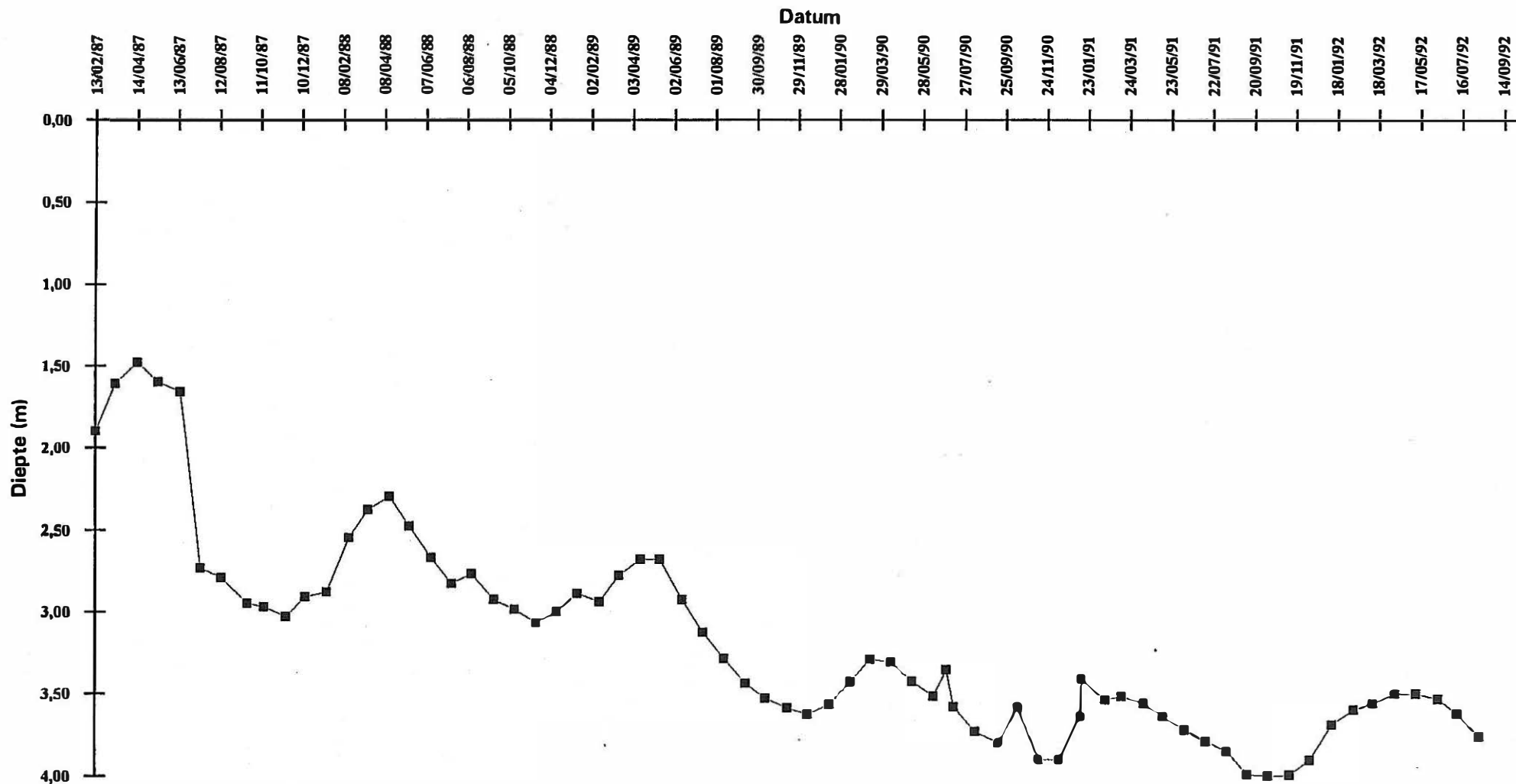
Figuur 3.3. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Mol.

2980 ZOERSEL



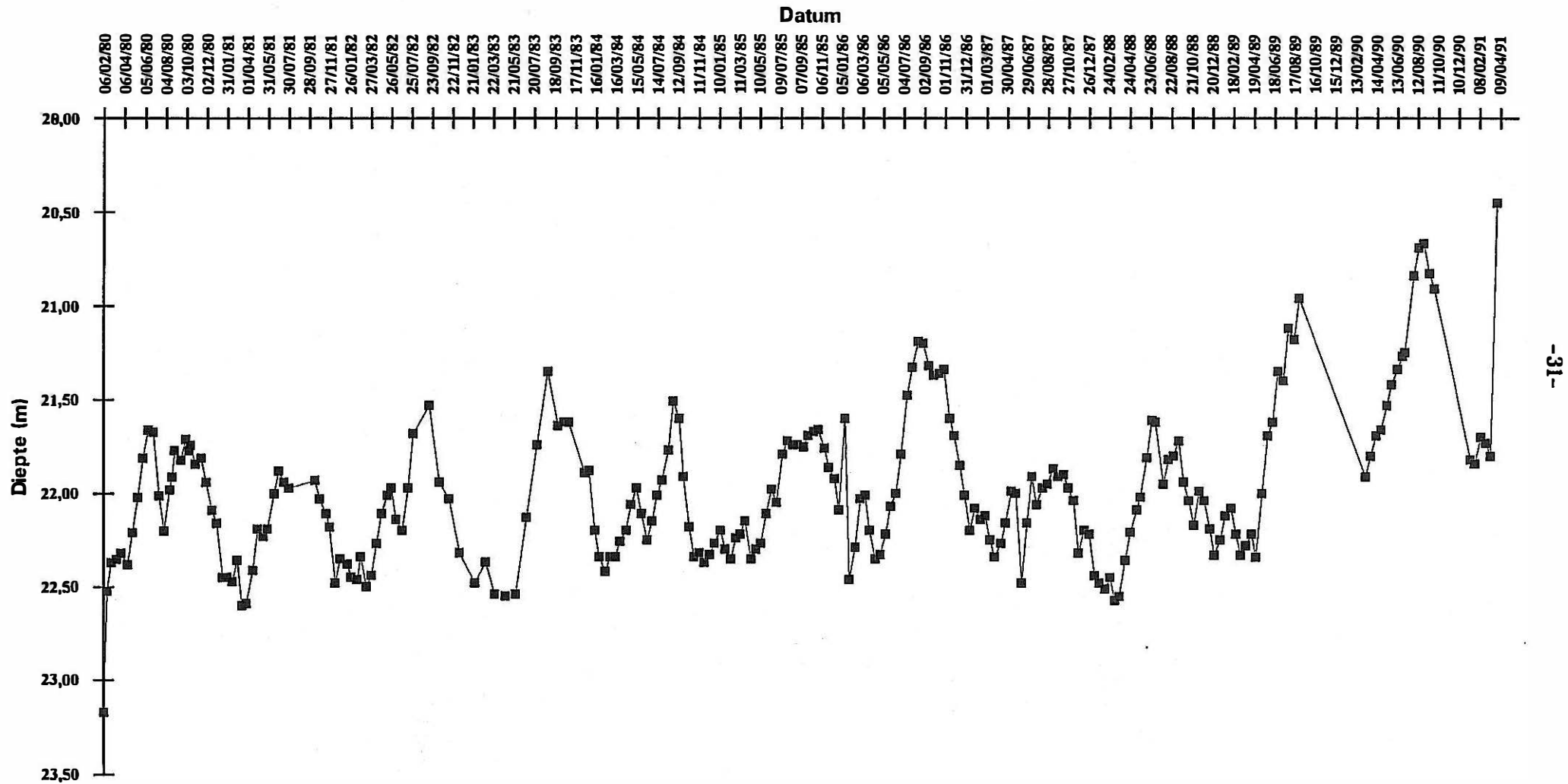
Figuur 3.4. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Zoersel.

3990 PEER



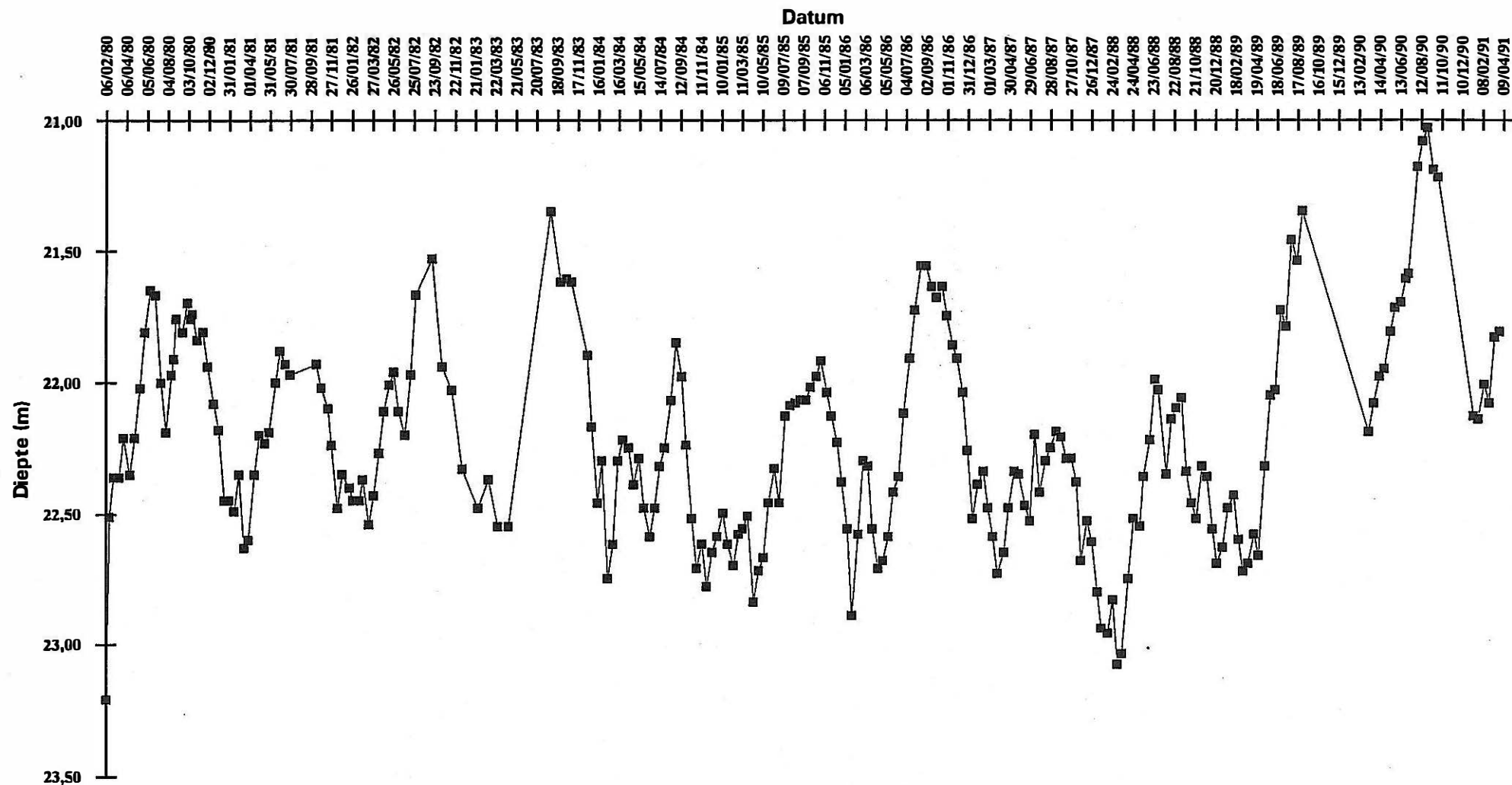
Figuur 3.5. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Berchem-Diest te Peer.

2400 MOL



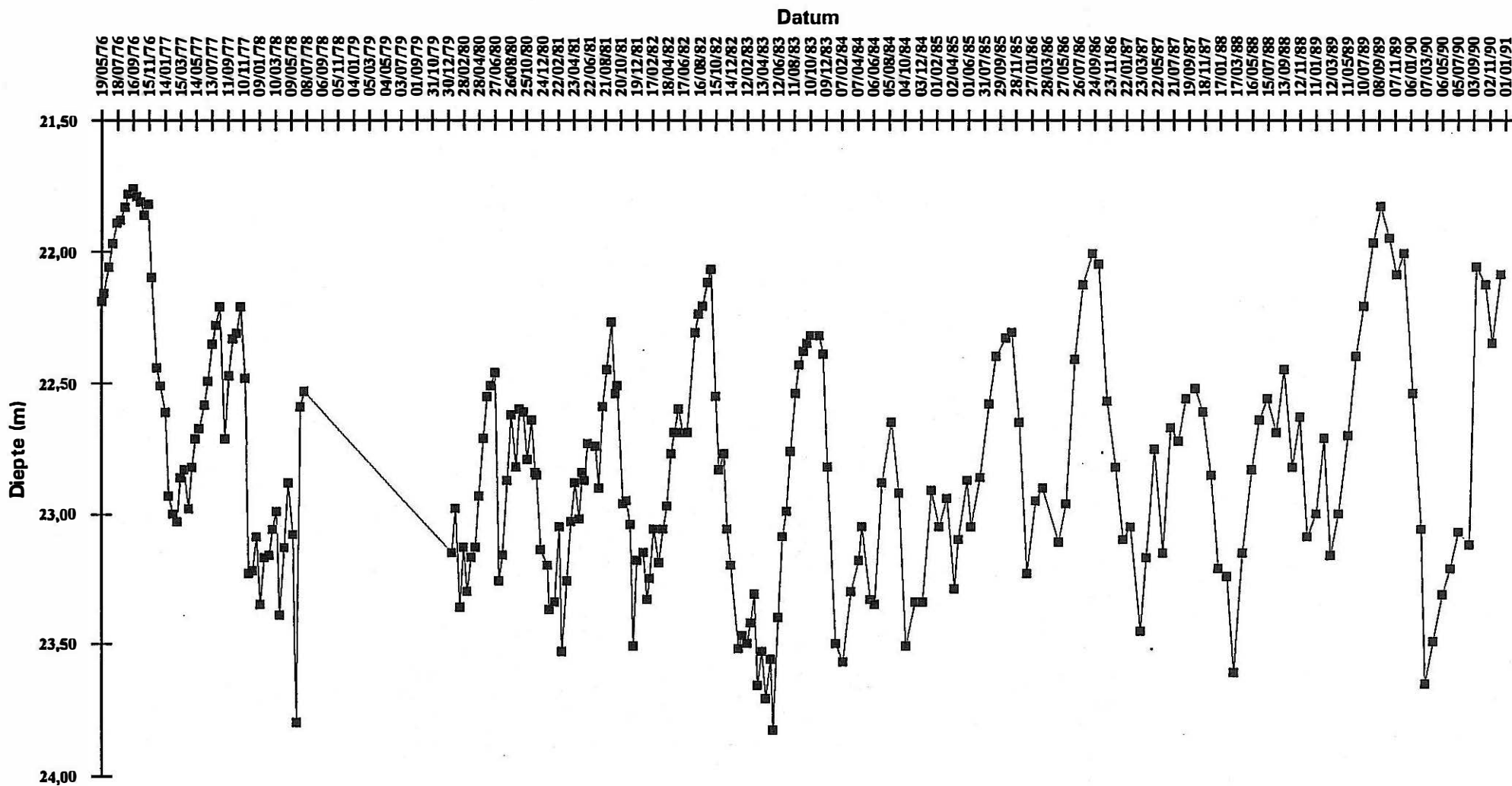
Figuur 3.6. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Kasterlee-Kattendijk te Mol.

2400 MOL



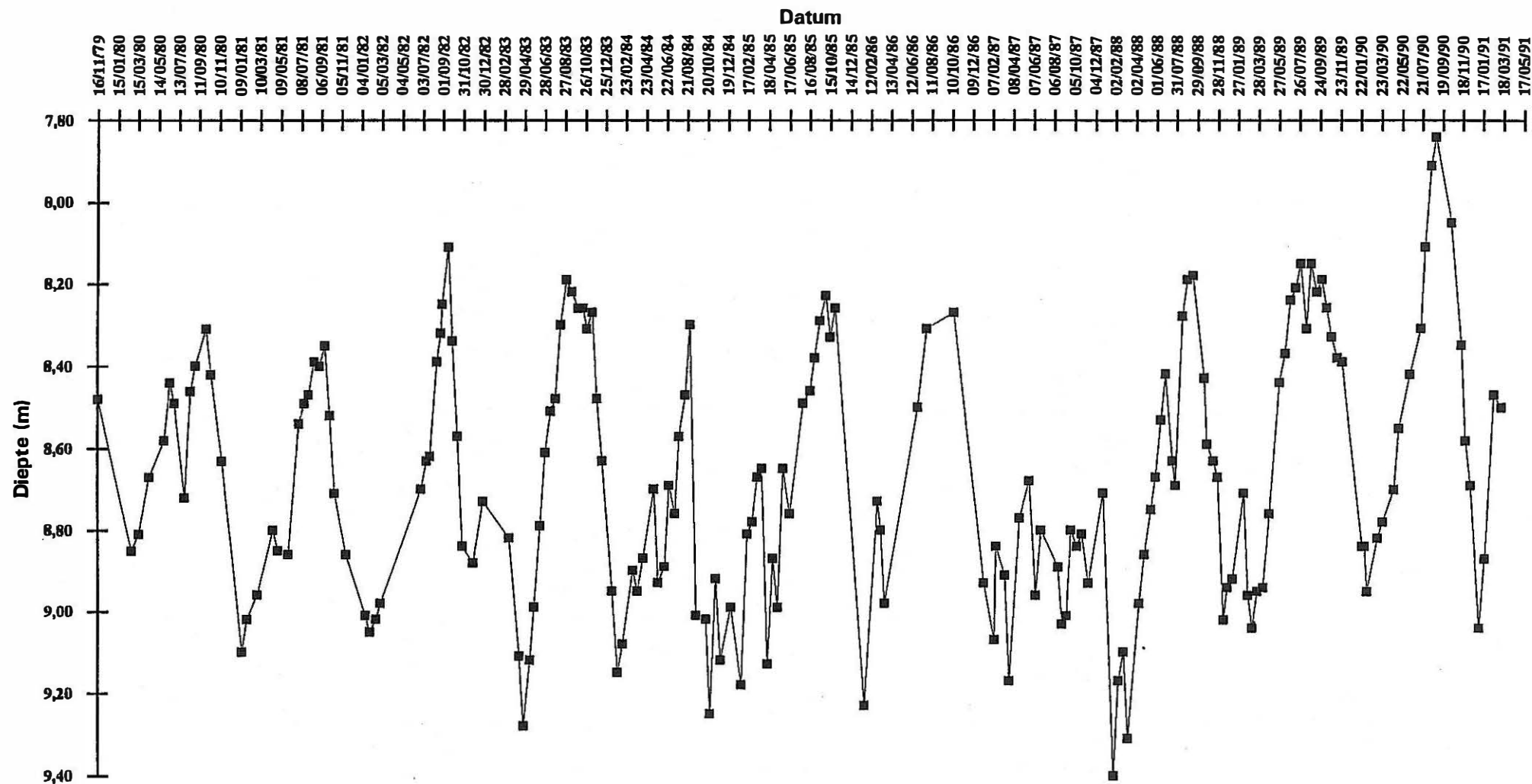
Figuur 3.7. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Lillo te Mol.

2400 MOL



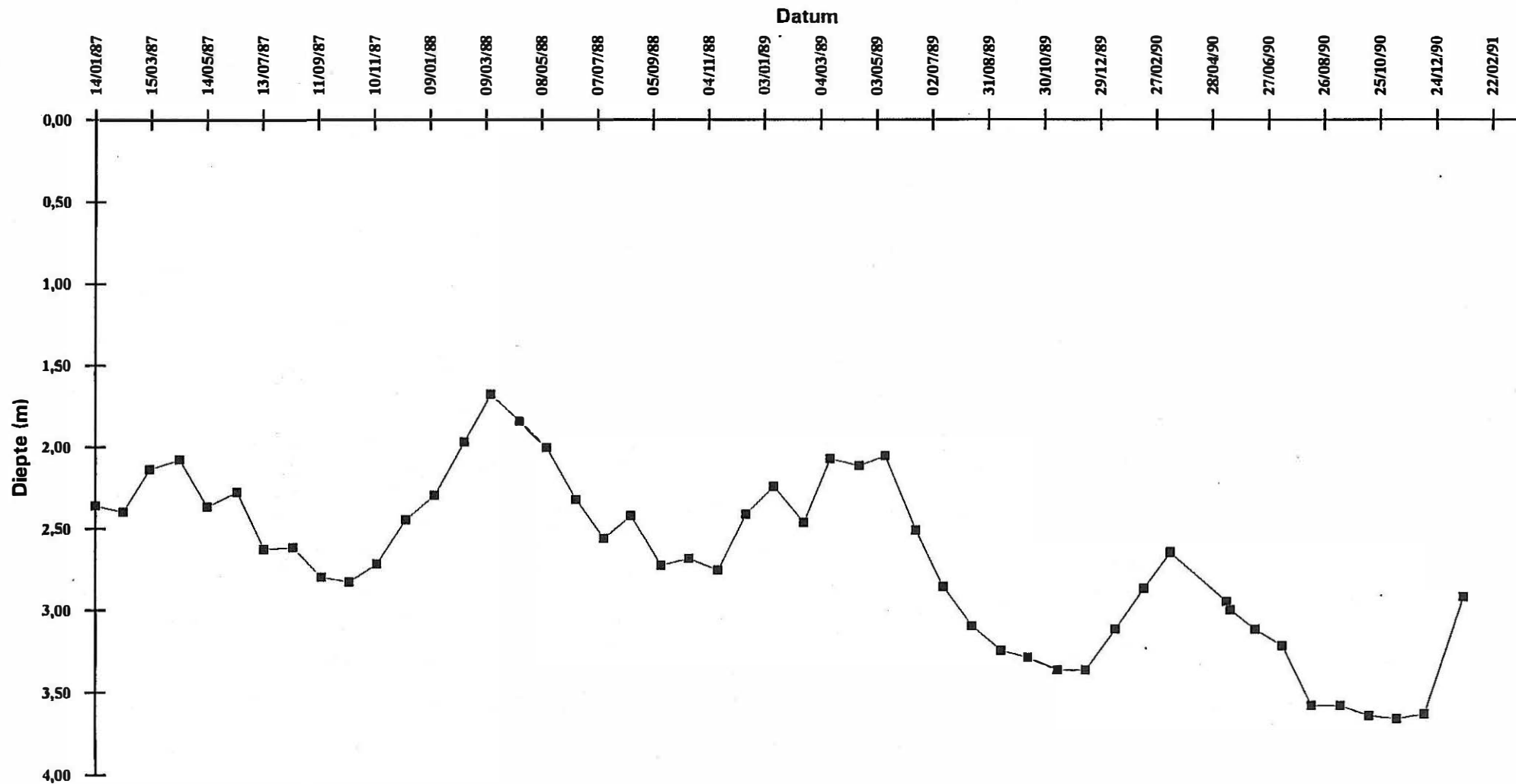
Figuur 3.8. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Mol.

2930 BRASSCHAAT



Figuur 3.9. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Brasschaat.

3640 KINROOI



Figuur 3.10. Evolutie van de grondwaterdiepte in de formatie van Mol te Kinrooi.

3.4.2. Grondwaterwinning

3.4.2.1. Inleiding

Tabel 3.2 geeft de jaarlijks vergunde debieten weer voor het Neogeen van de provincie Antwerpen voor de periode 1986-90, opgesplitst per formatie en per gebruikstak.

Tabel 3.2. - Neogeen, provincie Antwerpen, jaarlijks vergunde debieten voor de periode 1986-90 (in m³).

FORMATIE	INDUSTRIE	LANDBOUW	DRINKWATER
Diest-Berchem	11 014 900	747 400	10 300 000
Mol	451 080	651 975	0
Lillo	29 400	110 160	0
Kattendijk- Kasterlee	4 000	12 000	0
TOTAAL	11 499 380	1 521 535	10 300 000

Voor de provincie Limburg werden geen gegevens over vergunde debieten van het Neogeen teruggevonden in de door de AMINAL ter beschikking gestelde bestanden.

In tabellen 3.3 en 3.4 worden de opgepompte debieten voor nijverheid en drinkwaterproduktie voor de provincies Antwerpen en Limburg voor de periode 1987-1990 weergegeven. De cijfers hebben alleen betrekking op de grondwaterproduktie uit de neogene zanden zoals gedefinieerd in punt 3.2. Het grootste deel van de grondwaterproduktie is afkomstig van de Formaties van Berchem en van Diest.

Tabel 3.3. - Neogene zanden, provincie Antwerpen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).

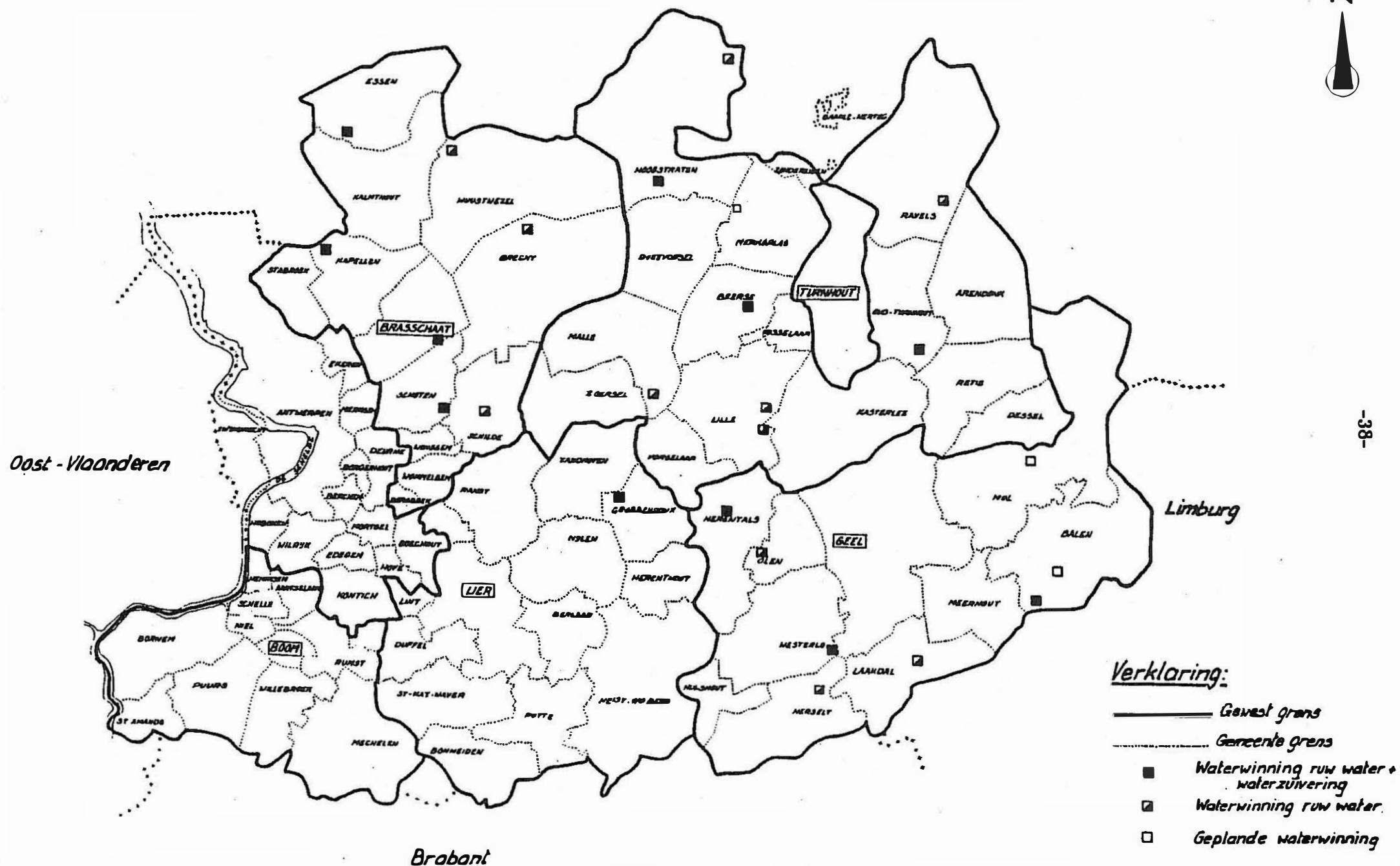
JAAR	NIJVERHEID (aantal winningen)	DRINKWATER (aantal winningen)
1987	14 681 201 (161)	60 667 051 (21)
1988	16 141 038 (399)	63 696 908 (21)
1989	17 133 325 (303)	65 300 102 (21)
1990	18 770 985 (288)	65 994 141 (22)

Uit de gegevens van tabel 3.2 en 3.3 kan opgemaakt worden dat zowel de nijverheid als de drinkwaterproducenten in de provincie Antwerpen meer grondwater oppompen dan vergund is.

Tabel 3.4. - Neogene zanden, provincie Limburg, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).

JAAR	NIJVERHEID (aantal winningen)	DRINKWATER (aantal winningen)
1987	16 431 344 (117)	8 974 543 (4)
1988	18 731 016 (140)	9 365 569 (4)
1989	19 277 760 (153)	10 204 362 (4)
1990	16 994 025 (134)	10 351 570 (4)

In de provincie Antwerpen gebeurt de belangrijkste grondwateronttrekking door de drinkwaterproducent PIDPA. Deze intercommunale beschikte in 1992 over 22 waterwinningen met een 300-tal winningsputten. Er zijn 11 hoofdwinningen en 11 satellietwinnigen (fig. 3.11). Het grondwater opgepompt in de satellietwinnigen wordt in de hoofdwinningen gezuiverd.



Figuur 3.11. Ligging van de grondwaterwinningen van de PIDPA.

Naast de PIDPA bezit Turnhout een gemeentelijk waterbedrijf dat met vier putten ca. 2,5 miljoen m³ per jaar aan de Formatie van Diest onttrekt.

In Limburg beschikt de VMW over vier winningen in de Formatie van Diest (Neerpelt, Tessenderlo, Lommel en As) en over één winning in de formatie van Mol (Bree).

Uit deze winningen werd in 1990 ca. 16,5 miljoen m³ onttrokken.

3.4.2.2. Evolutie

Voor de nijverheid is een toename in opgepomt debiet waar te nemen van ca. 1 miljoen m³ per jaar in de provincie Antwerpen. Voor Limburg werd een daling vastgesteld van ca. 2,2 miljoen m³ tussen 1989 en 1990.

De drinkwaterproductie gaat in stijgende lijn, zowel in Antwerpen als in Limburg.

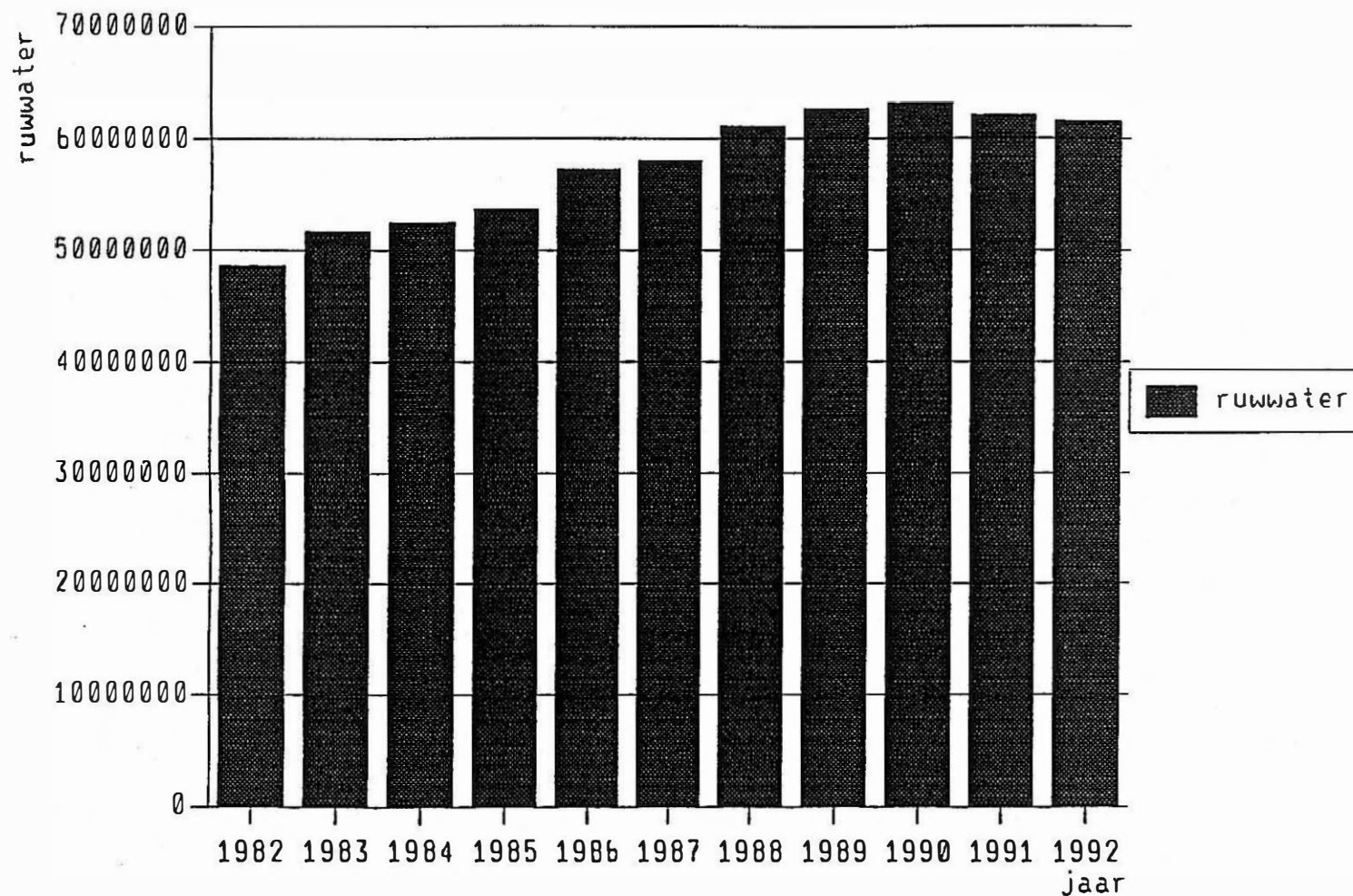
Een overzicht van de globale grondwateronttrekkingen door de PIDPA vanaf 1982 is weergegeven in fig. 3.12. Men stelt een gemiddelde toename vast van 2 à 3 % per jaar.

3.5. Grondwaterkwaliteit

3.5.1. Inleiding

Wat betreft de grondwaterkwaliteit in de neogene zanden wordt gebruik gemaakt van de resultaten van de studies DE SCHUTTER et al., 1993 voor de provincie Antwerpen (analyse van het primair grondwatermeetnet van de AMINAL) en VANDORMAEL, 1992 voor de provincie Limburg (analyse van het primair grondwatermeetnet van de AMINAL, aangevuld met analyses van vergunde grondwaterwinningen).

Evolutie ontrekkingen grondwater voor de drinkwatersector
in de provincie Antwerpen.



Figuur 3.12. Evolutie van de PIDPA-grondwateronttrekkingen
voor de drinkwatersector in de provincie Antwerpen.

3.5.1.1. Provincie Antwerpen

Voor de Formaties van Berchem en van Diest in de provincie Antwerpen kunnen volgende besluiten worden geformuleerd (DE SCHUTTER et al., 1993) :

- De zuurtegraad van het grondwater gaat van een waarde rond 6 voor de ondiepe putten tot een pH van 7 voor de diepere putten. Een peilput te Poppel vertoont een pH van meer dan 8.
- De conductiviteit schommelt tussen de waarden 0,3 en 0,4 mS/cm met uitzondering van putten te Westerlo, Wuustwezel en te Poppel waar meer dan 0,6 mS/cm werd opgemeten.
- Het gehalte aan natrium, kalium, magnesium en ijzer bedraagt minder dan 10 mg/l. Het calciumgehalte ligt tussen 50 en 90 mg/l. Ondiepe putten vertonen hogere natrium -en ijzerwaarden terwijl een diepe put te Wuustwezel een hogere concentratie vertoont aan natrium en kalium.
- Chloriden en sulfaten vertonen waarden beneden 10 mg/l terwijl het bicarbonaatgehalte meer dan 200 mg/l bedraagt. Ondiepe putten vertonen een hogere concentratie aan sulfaten en een lagere bicarbonaatconcentratie. Een put te Wuustwezel heeft een hoger gehalte aan chloriden en bicarbonaat.
- Het ammoniumgehalte ligt lager dan 1 mg/l terwijl nitraten niet aangetoond werden met uitzondering van putten te Turnhout, Herselt en Meerhout.
- De zware metalen zink, arseen, lood en cadmium zijn niet aantoonbaar of aanwezig in concentraties < 0,02 mg/l, uitgezonderd arseen in putten te Turnhout en te Meerle en zink in putten te Herentals en te Herselt.

Volgens de PIDPA zijn de grondwaters uit de formatie van Berchem sterker gemineraliseerd dan deze uit de formatie van Diest. Ze bevatten ook meer calcium en bicarbonaten en minder ijzer en mangaan. Grondwaters uit de formatie van Diest bevatten meer vrij koolzuur, zijn agressiever en vertonen ook plaatselijk hogere arsenicumgehalten.

De diepe grondwaters bevatten doorgaans lage tot zeer lage arsenicumgehalten ; het gehalte arsenicum stijgt naar het noordoosten toe van de provincie.

Voor de Formatie van Kattendijk-Kasterlee is één analyseresultaat beschikbaar te Poppel. Natrium, kalium, magnesium en ijzer vertonen waarden kleiner dan 10 mg/l ; het calciumgehalte bedraagt ca. 90 mg/l. Het chloor- en sulfaatgehalte bedraagt minder dan 25 mg/l, het bicarbonaatgehalte is ongeveer 350 mg/l.

De Formatie van Mol werd samen met de pleistocene Formaties van de Kempen (zandig facies) en van Brasschaat op zijn grondwaterkwaliteit getest.

De zuurtegraad van dit grondwater ligt tussen 5 en 6 terwijl de conductiviteit varieert van 0,2 tot 0,8 mS/cm.

Voor de kationen werden volgende waarden waargenomen :

- natrium < 40 mg/l
- kalium : wisselende waarden
- calcium : tussen 10 en 80 mg/l
- magnesium < 20 mg/l
- ijzer < 60 mg/l

Voor de anionen geldt volgend patroon : $\text{Cl} < \text{SO}_4^{2-} > \text{HCO}_3^-$. Te Arendonk werd een lage sulfaatconcentratie genoteerd.

Meestal worden voor ammonium waarden van minder dan 1 mg/l waargenomen, met uitzondering van de putten te Hoogstraten, Weelde en Arendonk. Nitraat werd niet aangetoond tenzij te Meerle (38 mg/l), te Brasschaat (22 mg/l) en te Brecht (6 mg/l).

De zware metalen zink, arseen, lood, en cadmium zijn niet aantoonbaar of aanwezig in concentraties van < 0,02 mg/l, uitgezonderd voor arseen te Berendrecht en voor zink in de meeste onderzochte putten waar waarden tot 0,18 mg/l werden genoteerd.

Uit de analyse door de PIDPA van 487 putten in 1992 van het ondiepe grondwater (tot 20 m diep en meestal overeenkomend met de Formaties van Kattendijk-Kasterlee en van Mol en de pleistocene zandige formaties) kan het volgende besloten worden :

- Cadmium en nitraten zijn niet algemeen aanwezig,
- Zink komt meer voor maar met een mediaan van slechts 38 $\mu\text{g/l}$.

Er blijkt een zeer sterke correlatie te bestaan tussen cadmium- en zinkgehalte en een betekenisvolle correlatie tussen cadmiumgehalte en het nitraat- en sulfaatgehalte.

Tengevolge van plaatselijke omstandigheden kunnen zeer grote variaties voorkomen.

3.5.1.2. Provincie Limburg

Het grondwater uit de Formaties van Berchem en van Diest in Limburg is over het algemeen van uitstekende kwaliteit. Waar deze formaties het freatisch grondwaterreservoir vormen is er een aanrijking van nitraat, sulfaat en chloride waargenomen (VANDORMAEL, 1992).

De hoge arseen- en orthofosfaatconcentraties die vaak in Diestiaanputten worden aangetroffen, houden vermoedelijk verband met de lithologische samenstelling van het watervoerend systeem. Ook voor zink wordt in enkele putten een verhoogde concentratie opgemerkt die mogelijk verband houdt met de samenstelling van het watervoerend systeem.

In tabel 3.5 en 3.6 worden de analyseresultaten voor respectievelijk de plio-pleistocene zanden en de miocene zanden weergegeven.

3.6. Bedreigingen

De voornaamste bedreiging voor het watervoerend systeem van het Neogeen is van kwalitatieve aard.

Volgens de PIDPA is er binnen afzienbare tijd een algemeen nitraatprobleem te verwachten, ook voor de diepere grondwaters. Tevens zal het cadmiumprobleem zich uitbreiden tot de gehele oppervlakte die door de non-ferrometallurgie beïnvloed wordt. Dit gebied omvat grosso modo een ovaal, zuidwest-noordoost gericht, waarin zich onder andere Olen en Balen bevinden en die tot Eindhoven reikt.

	EENHEID	AANTAL	MINIMUM	MAXIMUM	GEMIDDELDE	STANDAARD- AFWIJING	BELGISCHE DRINKWATERNORM	EG RICHTNIVEAU	% AFWIJKEND T.O.V. BELG. DRINKWATERNORM
pH		25	4.2	8.0	5.8	0.9	6.5 ≤ pH ≤ 9.2	6.5 ≤ pH ≤ 8.5	76
CO ₂	mg/l	23	7.0	220.0	49.5	42.7			-
O ₂	mg/l	3	0.10	0.30	0.23	0.09			-
GLBH	μS/cm	24	73.0	595.0	271.0	133.4	2100	400	0
Na	mg/l	23	3.1	88.5	16.1	16.6	150	20	0
K	mg/l	24	1.3	14.6	5.2	4.0	12	10	8
Ca	mg/l	24	5.1	49.7	24.6	11.9	270	100	0
Mg	mg/l	24	0.7	22.1	6.5	5.5	50	30	0
TAP	°F	1	0.005	0.005	0.005				-
TAM	°F	24	1.0	35.5	5.0	7.2			-
TH	°F	24	1.6	19.6	8.8	4.7	67.5		0
NH ₄	mg/l	24	0.1	0.8	0.2	0.1	0.5	0.05	4
NO ₂	mg/l	1	0.005	0.005	0.005		0.1		0
NO ₃	mg/l	25	0.05	168.30	15.33	34.86	50	25	8
o-PO ₄ -P	mg/l	16	0.03	0.40	0.06	0.09	2.2 (tot P)	0.17 (tot P)	-
Cl	mg/l	25	5.8	68.0	30.0	17.9	350	25	0
SO ₄	mg/l	25	5.0	110.0	44.1	31.3	250	25	0
As	mg/l	15	0.005	0.025	0.014	0.010	0.05		0
Cd	mg/l	16	0.002	0.185	0.019	0.044	0.005		19
Pb	mg/l	16	0.0230	0.0250	0.0249	0.0005	0.05		0
Zn	mg/l	17	0.01	5.20	0.52	1.22	0.2	0.1	35
DOC	mg/l	1	0.80	0.80	0.80				-
TOC	mg/l	22	0.46	8.75	1.99	2.13			-
ATRAZINE	μg/l	17	0.05	0.40	0.09	0.10	0.1		12

Tabel 3.5. Statistische verwerking van de analyseresultaten voor de Plio-Pleistocene zanden in de provincie Limburg (VANDORMAEL, 1992).

				258.0	39.2	39.7	pH = 8.5		47
02	mg/l	18	0.05	8.40	1.08	2.40			-
GLBH	µS/cm	72	51.0	1000.0	230.5	161.4	2100	400	0
Na	mg/l	64	2.5	170.0	15.6	29.7	150	20	2
K	mg/l	66	1.1	11.3	3.9	2.6	12	10	0
Ca	mg/l	71	2.1	77.0	19.6	13.0	270	100	0
Mg	mg/l	70	0.7	16.8	4.6	3.5	50	30	0
TAP	°F	8	0.005	0.005	0.005				-
TAM	°F	72	0.4	28.0	7.2	5.3			-
TH	°F	78	0.8	25.0	7.3	4.7	67.5		0
NH4	mg/l	68	0.005	1.250	0.257	0.228	0.5	0.05	18
NO2	mg/l	30	0.05	0.40	0.06	0.06	0.1		7
NO3	mg/l	71	0.05	250.00	6.59	30.60	50	25	3
o-PO4-P	mg/l	34	0.03	1.70	0.68	0.46	2.2 (tot P)	0.17 (tot P)	-
Cl	mg/l	76	3.6	171.0	22.7	29.3	350	25	0
SO4	mg/l	69	0.05	190.00	25.12	35.72	250	25	0
As	mg/l	19	0.02	0.12	0.04	0.03	0.05		21
Cd	mg/l	35	0.0005	0.0070	0.0019	0.0017	0.005		0
Pb	mg/l	35	0.0005	0.0500	0.0106	0.0122	0.05		0
Zn	mg/l	41	0.0005	0.6300	0.0503	0.1186	0.2	0.1	7
DOC	mg/l	24	0.50	3.30	1.77	0.67			-
TOC	mg/l	35	0.23	3.36	1.26	0.85			-
ATRAZINE	µg/l	14	0.05	0.05	0.05	0.00	0.1		0

Tabel 3.6. Statistische verwerking van de analyseresultaten
voor de Miocene zanden in de provincie Limburg
(VANDORMAEL, 1992).

Pesticiden (o.a. atrazine) vormen niet onmiddellijk een bedreiging voor het grondwater ; het wordt alleen in geringe concentraties aangetroffen in de nabijheid van intensieve maïscultuur.

Verder kan het grondwater ook beïnvloed worden door de verontreiniging van oppervlaktewaters zoals bijvoorbeeld te Westerlo waar de PIDPA-grondwaterwinning door de vervuilde Grote Nete wordt beïnvloed.

3.7. Toekomstverkenning

Volgens de gegevens van de PIDPA zal in het jaar 2000 een piekverbruik tot 390 000 m³/dag dienen opgevangen te worden. De huidige capaciteit van de PIDPA-grondwaterwinningen bedraagt 227 350 m³/dag.

Naast aanpassing van de toelevering door andere watermaatschappijen opteert de PIDPA voor een uitbreiding van de grondwateronttrekking, vooral in het noorden en noordwesten van de provincie Antwerpen. Deze uitbreiding omvat zowel het verhogen van de capaciteit van bestaande winningen als de uitbouw van nieuwe winningen (Merksplas, Mol, Arendonk).

Verder wordt ook gedacht aan kunstmatige infiltratie te Grobendonk, Olmen, Olen, Mol en Beerse.

Aangaande de evolutie van de grondwaterstand kan volgens de PIDPA gebruik worden gemaakt van een hydrogeologisch computermodel dat voor elk watervoerend pakket van het Neogeen in de provincie Antwerpen de stijghoogten en de waterbalans kan berekenen.

3.8. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden een aantal studies met betrekking tot het Neogeen van de provincie Antwerpen uitgevoerd. Deze omvatten meestal terreinwerk met daarin boringen, boorgatmetingen, granulometrische analyses, stijghoogtemetingen, grondwateranalyses en pompproeven. Bij sommige studies werd ook een mathematisch model ontwikkeld.

Volgende studies werden uitgevoerd :

- Hydrogeologische studie van het Plassengebied te Mol (1978).
- Hydrogeologische studie van het Blak in de streek van Beersse-Rijkevorsel-Merksplas (1979).
- Hydrogeologische, bodemkundige en ecologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden, partim hydrogeologie (1981).
- Hydrogeologische kaartenatlas van het gebied Kalmthout-Essen (1985).
- Hydrogeologisch mathematisch model van het Belgisch-Nederlandse grensgebied in de streek van de "Kalmthoutse Heide" (1985).
- Hydrogeologisch onderzoek van het Belgisch stroomgebied van het Merkske nabij Hoogstraten (1986).
- Studie van de grondwaterstanden in het Nederlands-Belgisch grensgebied van de Kalmthoutse Heide (1992).

9. HET LEDO-PANISELIAAN EN HET KWARTAIR IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN

9.1. Het Ledo-Paniseliaan in West- en Oost-Vlaanderen

9.1.1. Geologie en Hydrogeologie

De zanden van het Lediaan vormen samen met het bovenste zandige deel van het Paniseliaan een watervoerende laag. Het onderste gedeelte van het Paniseliaan bestaat uit kleiige sedimenten en vormt de scheiding tussen de bovenliggende zanden van het Ledo-Paniseliaan en de onderliggende kleiige zanden van het Ieperiaan (WALRAEVENS et al., 1990).

In de provincies Oost- en West-Vlaanderen komt het Ledo-Paniseliaan zowel freatisch als artesisch voor.

Figuur 9.1 geeft de uitbreiding aan van de Bartoonklei die het Ledo-Paniseliaan bedekt. Ten zuiden van die lijn komt het freatische gebied voor ; ten noorden ervan de artesische zone. De maximale dikte van de watervoerende laag bedraagt ca. 45 m in het artesisch gebied.

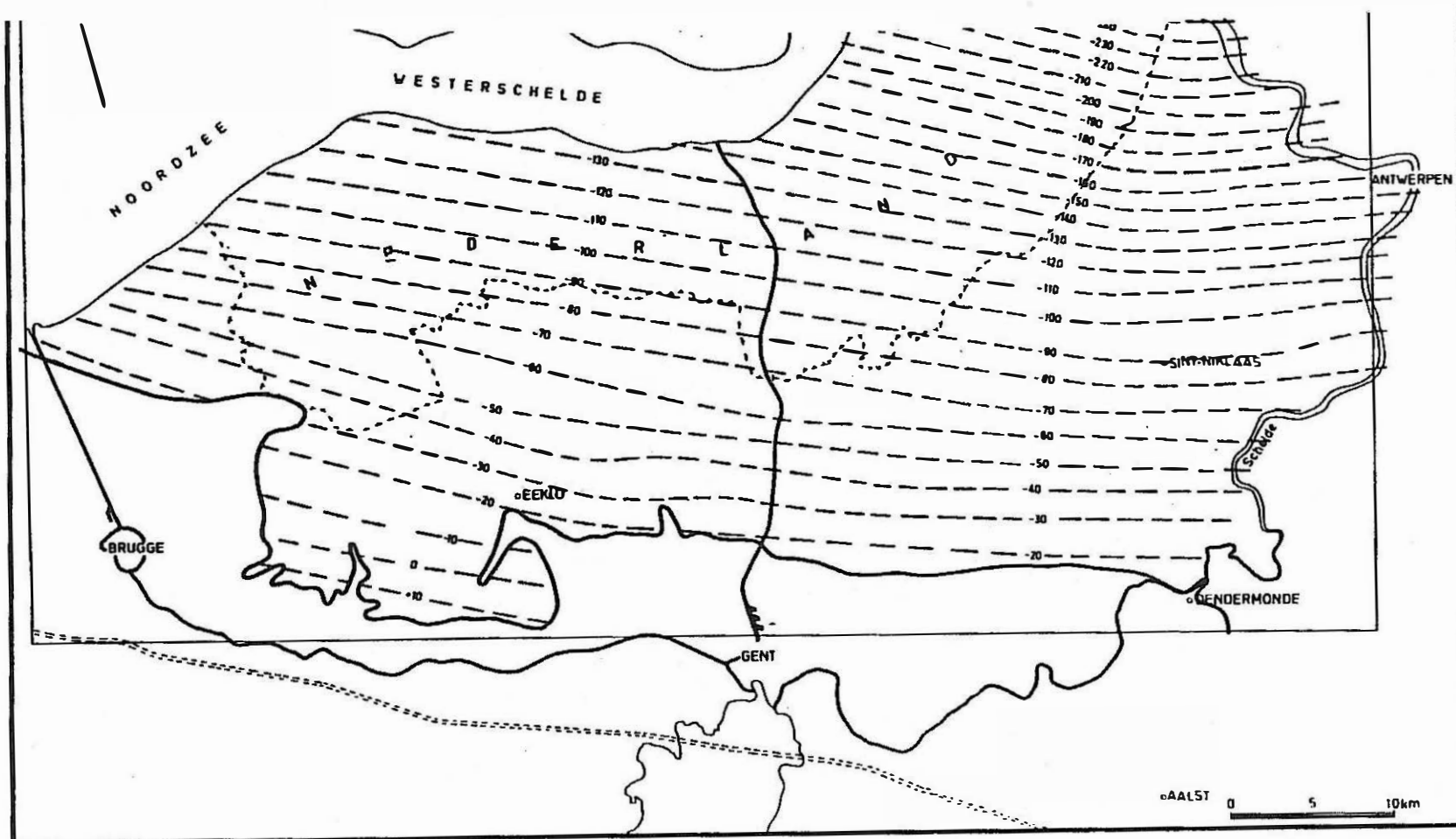
9.1.2. Waargenomen waterpeilen

9.1.2.1. Inleiding

Aan de hand van de elf beschikbare peilmetingen van het primair grondwatermeetnet was het niet mogelijk een duidelijk beeld te krijgen van de huidige grondwaterstand in het Ledo-Paniseliaan.

Uitgaande van de berekende stijghoogten in natuurlijke omstandigheden en de gekende opgepompte debieten in de watervoerende laag is via matematische modellering een benaderend beeld gevormd van de stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan rekening houdend met de grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987) (figuren 9.2 tot en met 9.4).

De metingen afkomstig van het primair meetnet van de AMINAL van 1993 zijn als puntwaarnemingen op figuur 9.4 aangeduid ten

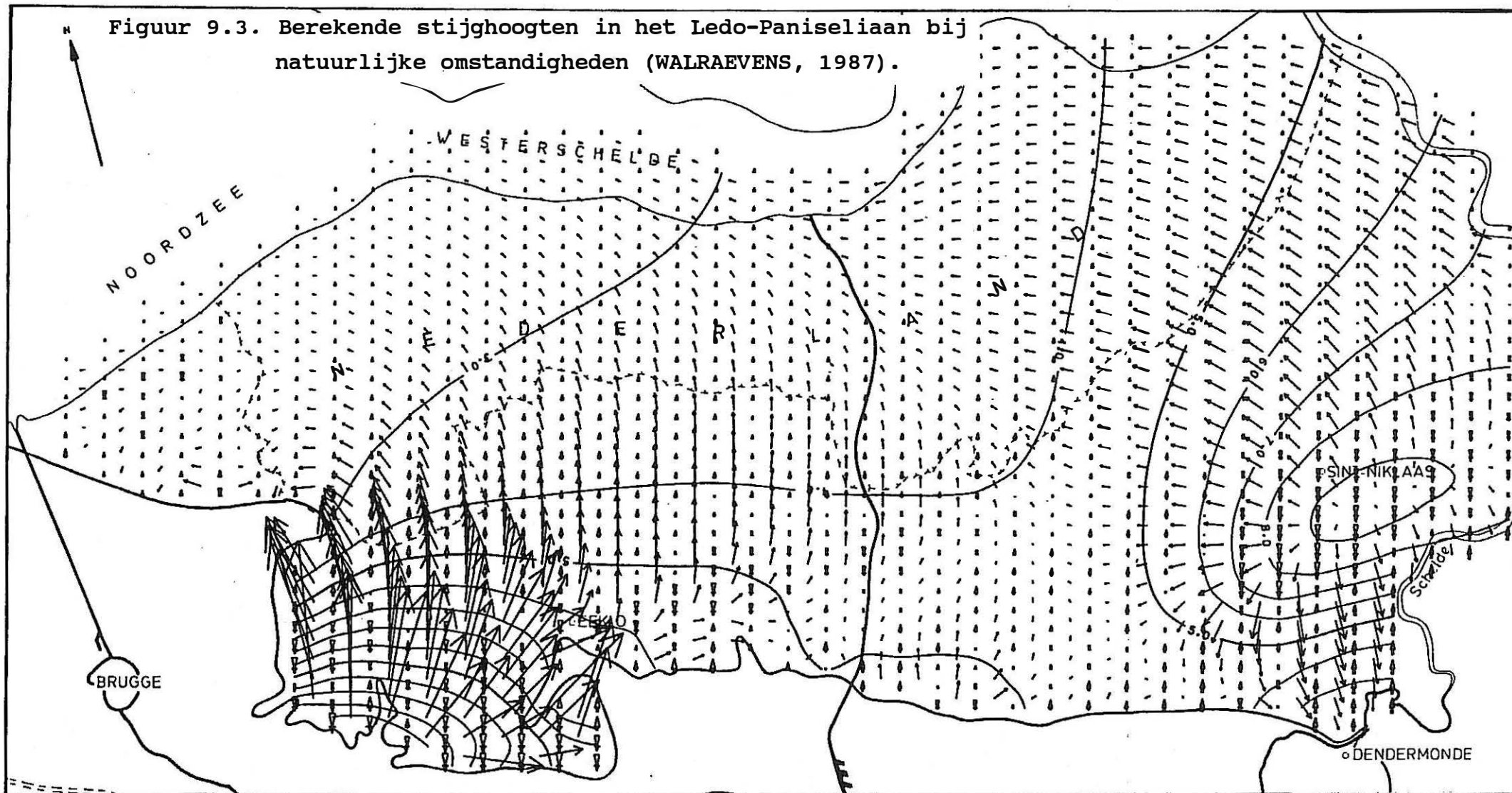


Figuur 9.1. Isohypsens van de basis van het Bartoon.



Figuur 9.2. Waargenomen stijghoogteverdeling in het Ledenpaniseliaan ca. 1920 (WALRAEVENS, 1987).

Figuur 9.3. Berekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij natuurlijke omstandigheden (WALRAEVENS, 1987).



NATUURLIJKE GRONDWATERSTROMING IN DE LEDO-PANISELIAANLAAG

LAAG 2

ISOLIJNEN

DARCIAANSE HORIZONTALE SNELHEDEN

SCHAAL 1/200000.

LIJNEN OM DE 1.00 METER

VEKTORLENGTE VAN 0.0011 M/D

DARCIAANSE VERTIKALE SNELHEDEN V_v (mm/jaar)

VERTIKALE SYMBOOLLENGTE = $HDT(1) \cdot L_{og}(10 \cdot V_v) / 4$

Δ UITSTROMING NAAR BOVENLIGGENDE LAAG

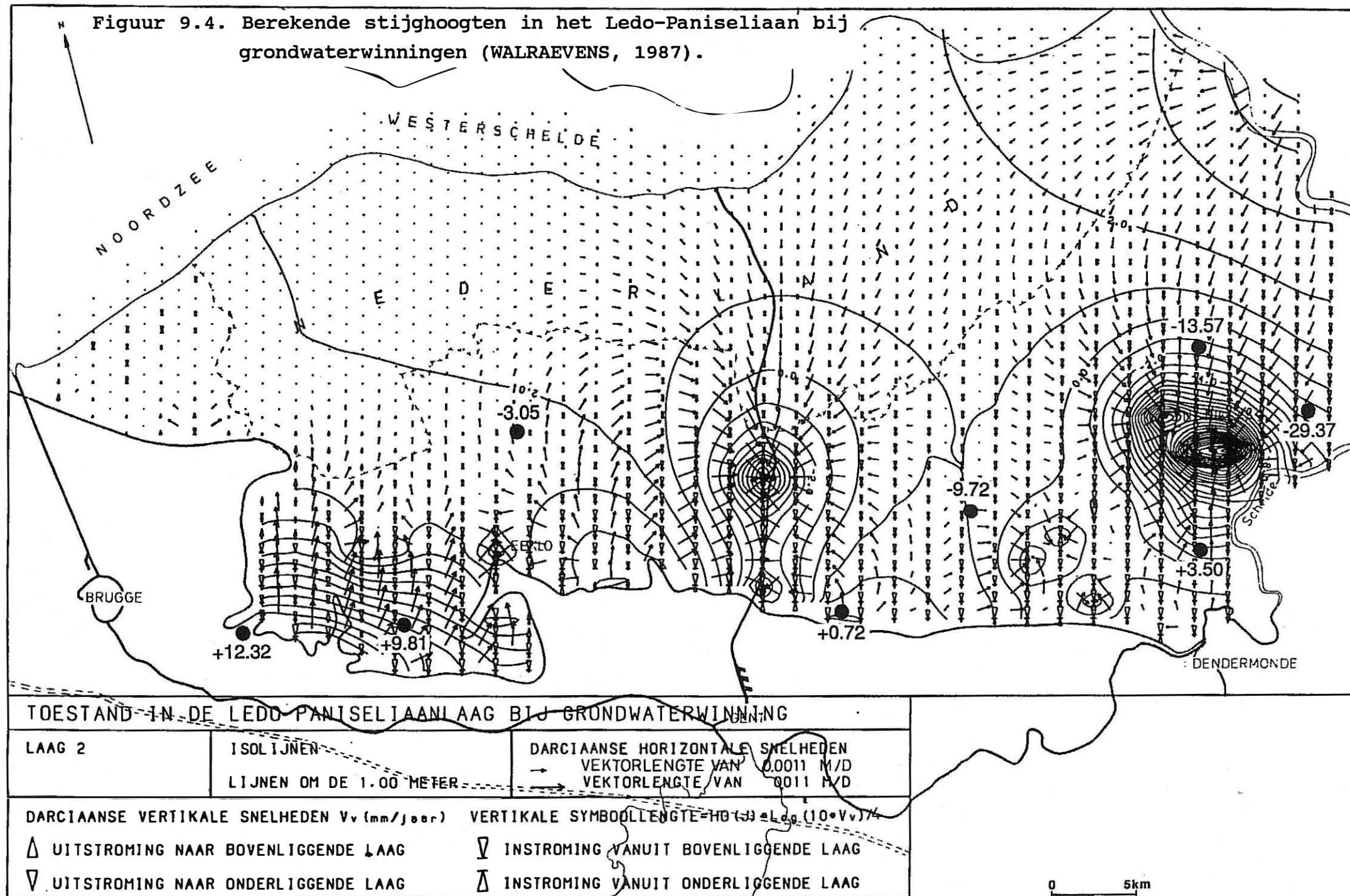
▽ INSTROMING VANUIT BOVENLIGGENDE LAAG

▽ UITSTROMING NAAR ONDERLIGGENDE LAAG

Δ INSTROMING VANUIT ONDERLIGGENDE LAAG

0 5km

Figuur 9.4. Berekende stijghoogten in het Ledo-Paniseliaan bij grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987).



einde na te gaan in hoeverre de waargenomen peilen verschillen van de berekende.

Zowel in het heuvelgebied Oedelem-Zomergem, als in het hooggelegen gebied ten zuiden van St.-Niklaas, wordt de Ledo-Paniseliaanlaag duidelijk gevoed vanuit de bovenliggende laag, met een verticale snelheid van ca. 10 mm/jaar. In dezelfde zone verliest de Ledo-Paniseliaanlaag grondwater aan de onderliggende laag, doch in veel geringere mate.

Buiten deze twee gebieden is de verticale stroming globaal genomen opwaarts gericht : vanuit de onderliggende laag vloeit het grondwater het Ledo-Paniseliaan binnen terwijl uit het Ledo-Paniseliaan in grotere mate grondwater naar de bovenliggende laag stroomt. Op deze tendens tot opwaartse stroming zijn er twee uitzonderingen : enerzijds de stuifzandrug Maldegem-Stekene en anderzijds het duingebied bij Knokke. Beide verheffen zich boven het omliggende reliëf waardoor er infiltratie optreedt.

Tussen Zeebrugge en Oostkerke gebeurt uitstroming naar de freatische zone ten gevolge van de stroming geïnduceerd door de voeding onder het duingebied bij Knokke.

Vanuit de gedeeltelijk afgesloten lob waartoe het heuvelgebied Oedelem-Zomergem behoort treedt globaal genomen in alle richtingen uitstroming op naar de freatische omgeving.

Tussen Waarschoot en Zele gebeurt instroming vanuit de freatische zone, daar het maaiveldpeil hier hoger is dan de aangrenzende gedeeltelijk afgesloten zone.

Vanaf Zele tot Dendermonde treedt uitstroming op naar de Scheldevallei (WALRAEVENS, 1987).

9.1.2.2. Evolutie

De berekende stijghoogten in natuurlijke toestand (fig. 9.3) komen vrij goed overeen met de situatie van 1920 (fig. 9.2) ; enkel in het gebied Waasmunster-Sint-Niklaas was het grondwaterpeil reeds sterk gedaald ten gevolge van grondwaterwinningen (WALRAEVENS, 1987).

De berekende stijghoogtekaart waarbij rekening is gehouden met de gekende winningen in 1987 vertoont grote verschillen ten overstaan van de toestand in natuurlijke omstandigheden (fig. 9.4). De stijghoogten van ongeveer + 10' ten zuiden van Sint-Niklaas in natuurlijke omstandigheden zijn omgezet in een afpompingsstrecther met waarden lager dan - 20. Recente metingen bevestigen deze laatste grondwaterpeilen.

Ook in de Gentse Kanaalzone en nabij Lokeren en Zele zijn er duidelijke stijghoogtedalingen merkbaar tengevolge van grondwaterwinningen.

In de heuvelzone van Oedelem-Knesselare-Zomergem blijft het natuurlijk stijghoogtepatroon grotendeels bewaard. Enkel te Maldegem-Adegem en te Eeklo zijn belangrijke dalingen vastgesteld.

9.1.3. Grondwaterwinningen

9.1.3.1. Inleiding

De opgepompte debieten worden voorgesteld voor nijverheid en drinkwatermaatschappijen. Voor de vergunde debieten worden de gegevens voor de nijverheid verder opgesplitst in landbouw en industrie.

In de onderstaande tabellen zijn de gegevens voor 1990 weergegeven in m³/jaar.

¹ Alle peilen in dit verslag worden aangegeven ten opzichte van de Tweede Algemene Waterpassing (mTAW) van het Nationaal Geografisch Instituut.

Tabel 9.1. - Ledo-Paniseliaan, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompt debiet in 1990.

	Nijverheid (aantal in- stallaties)	Drinkwater- maatschappij- en (aantal installaties)
Oost-Vlaanderen	6 587 248 (131)	0 (0)
West-Vlaanderen	597 609 ² (38)	2 463 232 (2)
TOTAAL	7 184 857 (169)	2 463 232 (2)

Tabel 9.2. - Ledo-Paniseliaan, Oost- en West-Vlaanderen, vergund debiet in 1990.

	Landbouw	Industrie	Drinkwatermaats.
Oost-Vlaanderen	221 856	7 357 647	0
West-Vlaanderen	5 500	1 373 495	4 745 000
TOTAAL	227 356	8 731 142	4 745 000

9.1.3.2. Evolutie

De gegevens van 1987 tot 1990 werden per provincie voorgesteld in de tabellen 9.3 tot en met 9.5.

De opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar in West-Vlaanderen en in mindere mate in Oost-Vlaanderen, zodat niet kan gesproken worden van een duidelijke trend.

Er is een zeer kleine vermindering van het vergund debiet merkbaar in Oost-Vlaanderen ; in West-Vlaanderen blijft dit gelijk.

Het opgepompte debiet in Oost-Vlaanderen benadert het vergunde debiet (voor de beschouwde periode bedraagt het opgepompte

² Gegevens van 1989.

debiet gemiddeld 83,9 % van het vergunde debiet). Voor West-Vlaanderen bedraagt het opgepompte debiet voor de beschouwde periode gemiddeld slechts 47,1 % van het vergunde debiet.

Tabel 9.3. - Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten Oost-Vlaanderen, 1987-90.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater-maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater-maatschappij	Totaal
1987	7 609 645	0	7 609 645	221 856	7 626 647	0	7 848 503
1988	5 669 835	0	5 669 835	221 856	7 446 647	0	7 668 503
1989	5 932 410	0	5 932 410	221 856	7 381 647	0	7 603 503
1990	6 587 248	0	6 587 248	221 856	7 357 647	0	7 579 503

Tabel 9.4. - Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten West-Vlaanderen, 1987-90.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater-maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater-maatschappij	Totaal
1987	199 334	2 489 542	2 688 876	5 500	1 373 495	4 745 000	6 123 995
1988	8 150	2 578 398	2 586 548	5 500	1 373 495	4 745 000	6 123 995
1989	597 609	2 590 329	3 187 938	5 500	1 373 495	4 745 000	6 123 995
1990	597 609 ³	2 463 232	3 060 841	5 500	1 373 495	4 745 000	6 123 995

De Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) beschikt in West-Vlaanderen over twee grondwaterwinningen in het Ledo-Paniseliaan bestemd voor de drinkwatervoorziening (Snellegem en Beernem). Te Beernem wordt jaarlijks ca. 1,1 miljoen m³ grondwater gewonnen ; te Snellegem is dit jaarlijks ca. 1,3 miljoen m³.

³ Gegevens van 1989.

Tabel 9.5. - Ledo-Paniseliaan, overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-90.

JAAR	OPGEpomPT			VERGUND			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	7 808 979	2 489 542	10 298 521	227 356	9 000 142	4 745 000	13 972 498
1988	5 677 985	2 578 398	8 256 383	227 356	8 820 142	4 745 000	13 792 498
1989	6 530 019	2 590 329	9 120 348	227 356	8 755 142	4 745 000	13 727 998
1990	7 184 857 ⁴	2 463 232	9 648 089	227 356	8 731 142	4 745 000	13 703 498

⁴ Gegevens van 1989.

9.1.4. Grondwaterkwaliteit

9.1.4.1. Inleiding

Gezien bij de AMINAL geen analyseresultaten beschikbaar waren, is gebruik gemaakt van de studie van WALRAEVENS, 1987 waarin de hydrochemie en hydrogeologie van het Ledo-Paniseliaan uitvoerig zijn bestudeerd.

De analyseresultaten van deze studie zijn verwerkt tot een zoneringskaart waar de verschillende watertypes zijn bepaald volgens STUYFZAND, 1986 (fig. 9.5).

In de freatische zone en in het voedingsgebied van Oedelem-Zomergem is het grondwater zoet, hard en van het CaHCO_3 -type. Nabij Lochristi gebeurt eveneens voeding doorheen de Bartoonklei en wordt hetzelfde watertype teruggevonden.

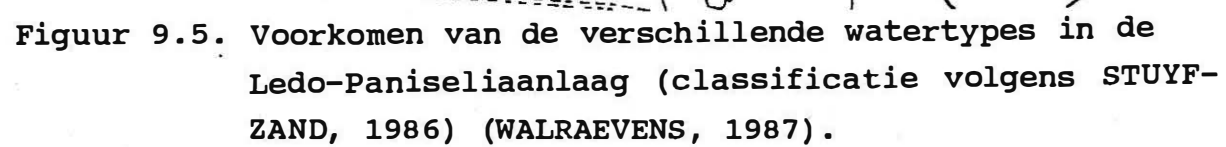
Ten noorden van het CaHCO_3 -type vinden we het MgHCO_3 -type terug dat eveneens zoet en hard is en ontstaan is door kationuitwisseling van Ca^{2+} door Mg^{2+} .

De belangrijkste fase van kationuitwisseling komt tot uiting in het NaHCO_3 -watertype welke voorkomt in een brede westnoord-west-oostzuidoost-gerichte strook ten noorden van de reeds vermelde watertypes.

In het voedingsgebied van Waasmunster-Sint-Niklaas is het grondwater zeer zacht als gevolg van de infiltratie door een dik kleipakket (volledige dikte van de Bartoonklei en een deel van de Rupeliaanklei).

De meest noordelijke zones bevatten brak tot zout en matig hard grondwater van het NaCl -type als gevolg van de bijmenging van fossiel zeewater. Het grondwater is er blijkbaar niet onderworpen geweest aan kationenuitwisseling.

Het freatische gedeelte in de Westvlaamse polders is sterk beïnvloed door recente verzilting wat zich uit in brak en zout NaCl -water.



9.1.4.2. Evolutie

Het zijn hoofdzakelijk de natuurlijke grondwaterstromingen die de regionale grondwaterkwaliteit van het Ledo-Paniseliaan bepalen (WALRAEVENS, 1987 en WALRAEVENS et al., 1988), maar in het freatische gedeelte is de kwaliteit sterk wisselend.

Vanuit de twee voedingsgebieden (het heuvelgebied van Oedelem-Zomergem en het zuidelijk gedeelte van het Land van Waas) stroomt het geïnfiltreerde water hoofdzakelijk in noordwestelijke richting (WALRAEVENS, 1987).

Het recente in de voedingsgebieden geïnfiltreerde water verdringt de aanwezige grondwatertypes in noordwestelijke richting naar de diepere delen van de watervoerende laag.

9.1.5. Bedreigingen en toekomstverkenning

9.1.5.1. Grondwaterpeilen

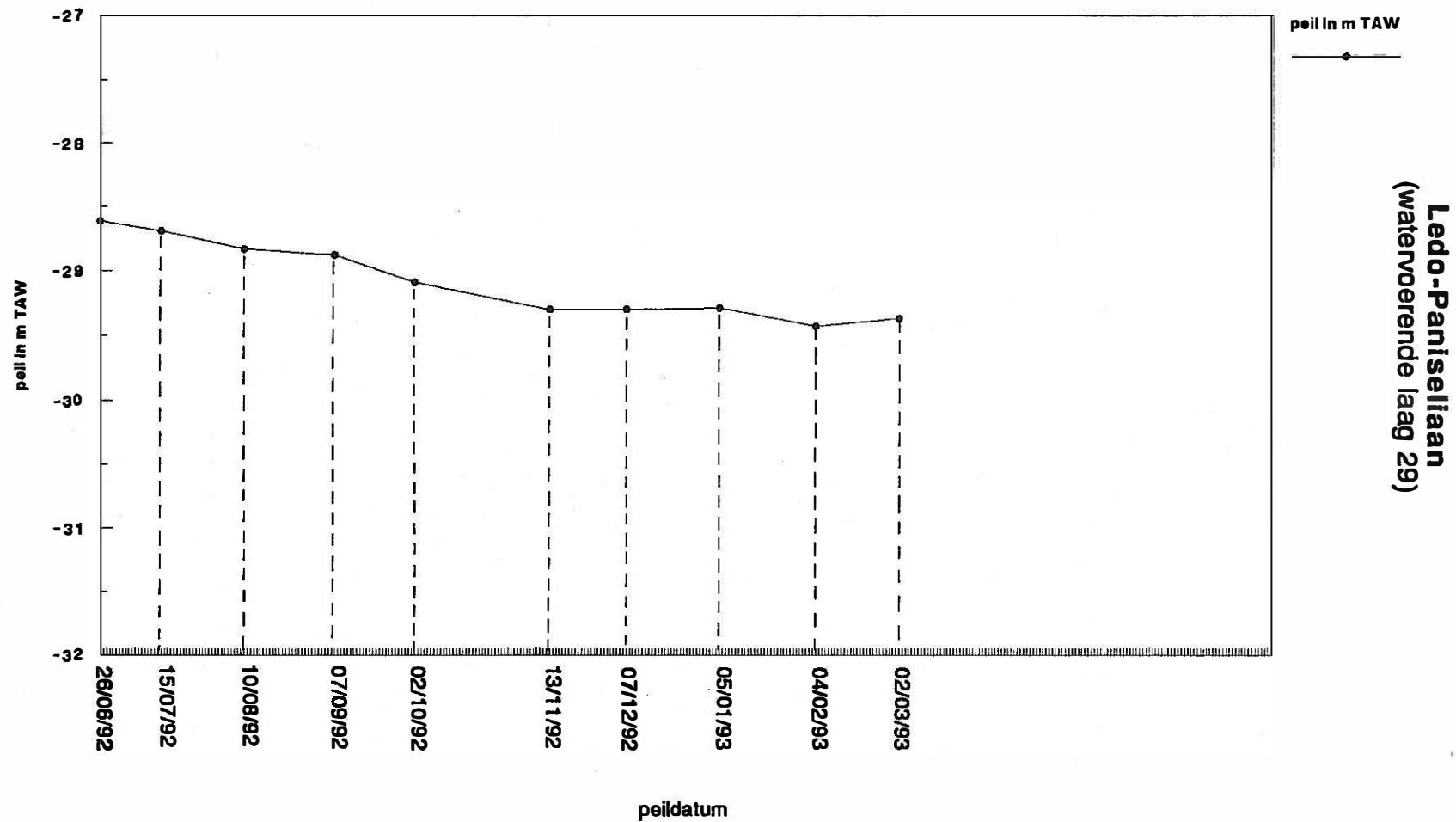
Er zijn verschillende belangrijke afpompingsstrechters ontstaan als gevolg van de grondwaterwinning in de watervoerende laag van het Ledo-Paniseliaan.

Uit de gegevens van de AMINAL van 1992 en 1993 blijken zich op sommige plaatsen belangrijke verlagingen op korte termijn voor te doen van 0,5 m tot 0,8 m in negen maanden tijd. Deze gevallen vragen extra aandacht en dienen in de toekomst verder gevolgd te worden.

Een aantal AMINAL-metingen zijn verwerkt in grafieken en voorgesteld in figuren 9.6 en 9.7. Gezien de korte waarnemingsperiode laten ze niet toe algemene conclusies te trekken in verband met de stijghoogte-evolutie.

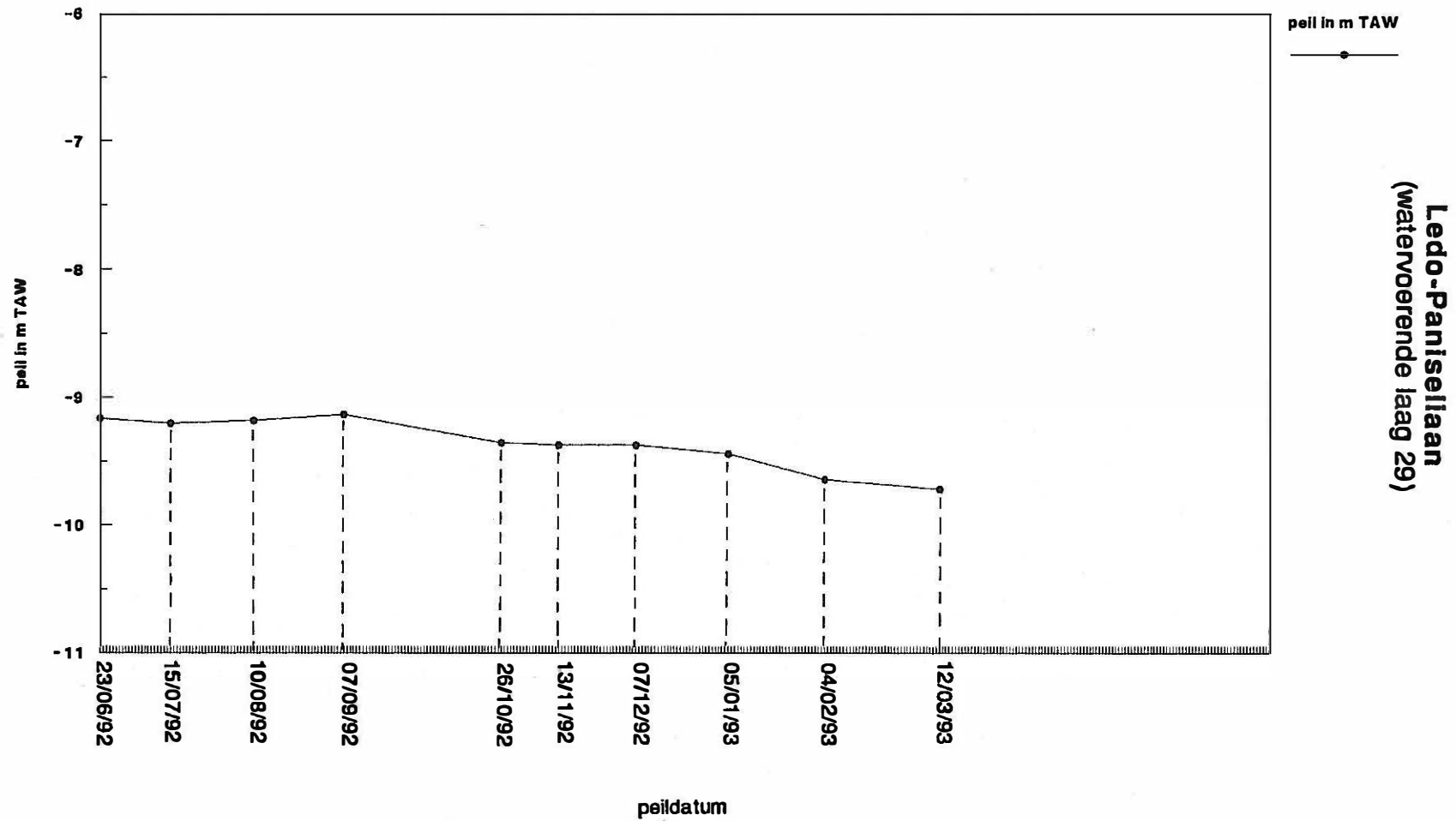
Verder kan gesteld worden dat het aantal Ledo-Paniseliaanpeilputten van het primair grondwatermeetnet ontoereikend is om een nauwkeurig beeld van de stijghoogten te verkrijgen. De reeds verworven kennis kan gebruikt worden bij de keuze van nieuwe peilputten.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
BEVEREN-WAAS 15.6 202



Figuur 9.6. Grondwaterpeilevolutie in het Ledo-Paniseliaan
te Beveren-Waas tussen juni 1992 en maart 1993.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
LOKEREN 14.7 601



Figuur 9.7. Grondwaterpeilevolutie in het Ledo-Paniselliaan te Lokeren tussen juni 1992 en maart 1993 .

9.1.5.2. Opgepompte debieten

In Oost-Vlaanderen zijn de opgepompte debieten van dezelfde orde als de vergunde debieten en zijn de jaarlijkse schommelingen tussen de opgepompte debieten klein.

In West-Vlaanderen daarentegen is er weinig overeenkomst tussen opgepompte en vergunde hoeveelheden grondwater. De opgepompte debieten variëren sterk van jaar tot jaar, meestal als gevolg van het ongelijke aantal bedrijven die hun gegevens overmaken.

Er is duidelijk nood aan concretere gegevens over opgepompte en vergunde debieten om de toekomstige evolutie te bepalen en verbruikprognoses te maken.

9.1.5.3. Grondwaterkwaliteit

De regionale grondwaterkwaliteit van het Ledo-Paniseliaan wordt bepaald door de natuurlijke grondwaterstromingen. Het meest recent geïnfiltreerde water stroomt vanuit de voedingsgebieden in noordwestelijke richting en verdrijft de aanwezige watertypes naar het diepere gedeelte van de watervoerende laag. Enkel in het freatisch gedeelte komen sterk wisselende kwaliteiten voor.

De gevolgen van overexploitatie en de daardoor veroorzaakte oxidatieprocessen kunnen een invloed hebben op de grondwaterkwaliteit.

Ter illustratie wordt in fig. 9.8 de evolutie van een aantal chemische parameters voorgesteld afkomstig van de VMW-grondwaterwinningen te Snellegem en te Beernem. Men stelt duidelijk een toename vast van het chloride-, sulfaat- en ijzergehalte en de totale hardheid tussen 1963 en 1979.

Het is dan ook belangrijk de grondwaterkwaliteit regelmatig te controleren om zo anomalieën op te sporen en gepast in te grijpen.

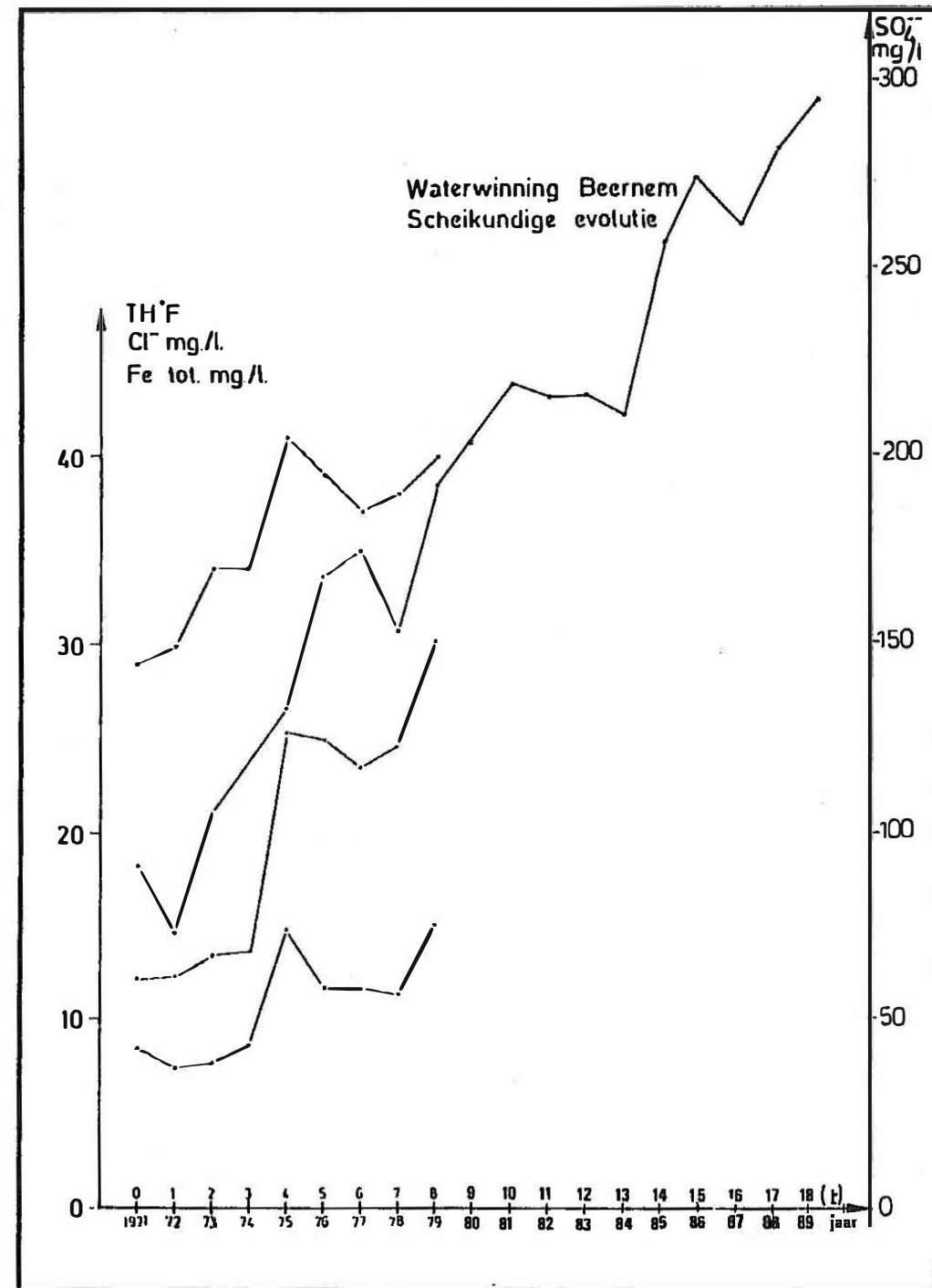
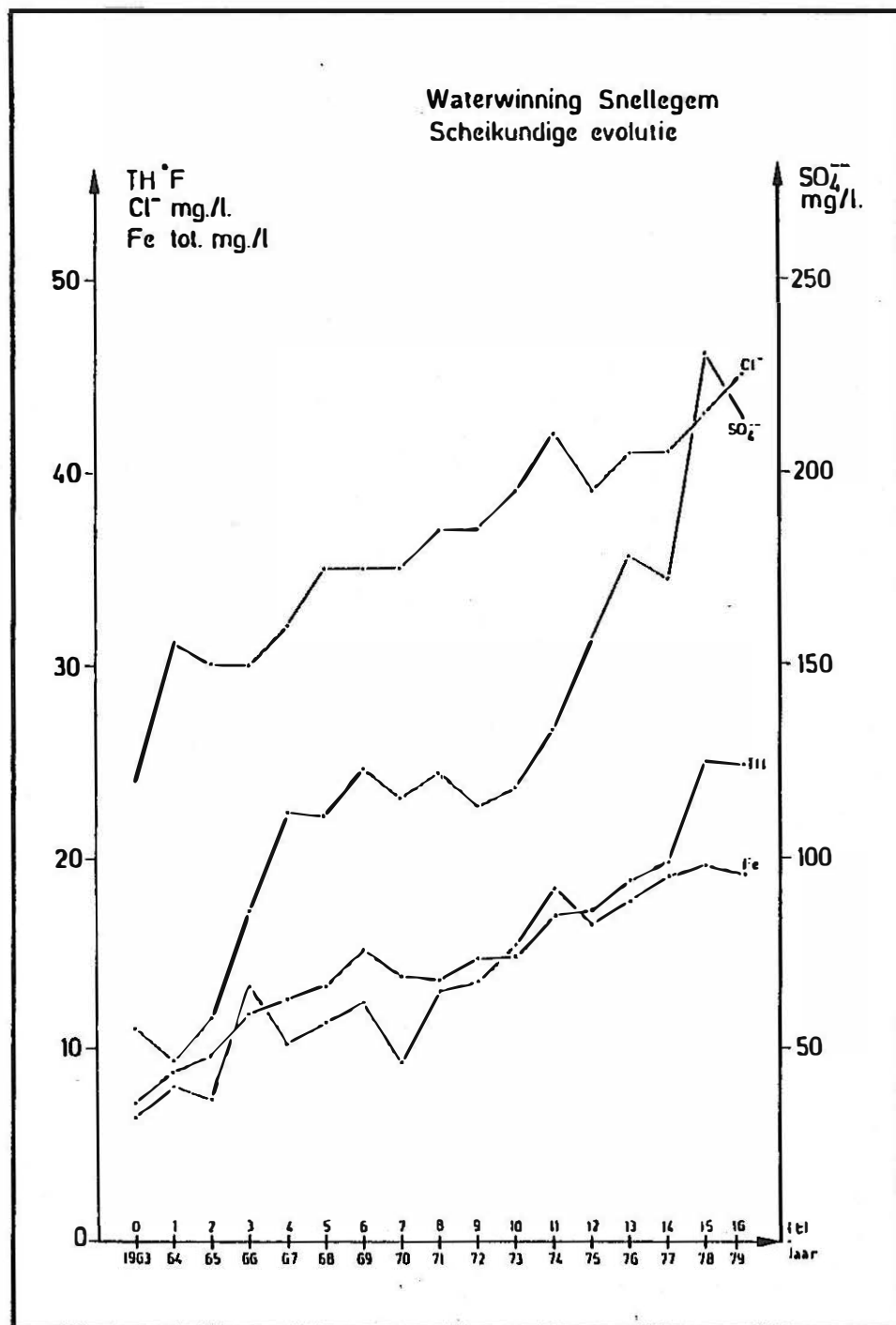


Fig. 9.8 - Evolutie van de samenstelling van het opgepompte Ledo-Paniseliaanwater in de waterwinningen Snellegem en Beernem van de VMW. (VAN VAERENBERGH - REDANT, 1979 en DE SMEDT, pers meded.)

9.1.6. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden een aantal studies met betrekking tot de hydrogeologie van het Ledo-Paniseliaan uitgevoerd. Deze studies omvatten meestal terreinwerk bestaande uit boringen, boorgatmetingen, peilmetingen, granulometrisch en hydrochemisch onderzoek en pompproeven. Daarnaast werd bij sommige studies ook een mathematisch model ontwikkeld.

Volgende studies werden uitgevoerd :

- Hydrogeologische studie van de Ledo-Paniseliaanlaag onder het Drongengoed (Ursel) (1984),
- Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen (1987),
- Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Landeniaan , van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990).

9.2. Het Kwartair in West- en Oost-Vlaanderen

9.2.1. Voorkomen

De afzettingen van het Kwartair liggen over het tertiair oppervlak uitgespreid. Hun dikte is veranderlijk : soms bedraagt deze minder dan 1 m zoals op de heuveltoppen van West-Vlaanderen, soms loopt de dikte op tot meer dan 30 m zoals plaatselijk in het kustgebied en in de valleien van Leie en Schelde.

Voor de in deze studie beschouwde problematiek wordt alleen het Kwartair met een dikte van minimum 10 m besproken. Voor West-Vlaanderen geldt dit voor het kustgebied en de valleien van Leie en Schelde (fig. 9.9) ; voor Oost-Vlaanderen is naast de valleien van Leie en Schelde ook de Vlaamse Vallei ten noorden van Gent een zone met een belangrijke kwartaire opvulling (fig. 9.10).

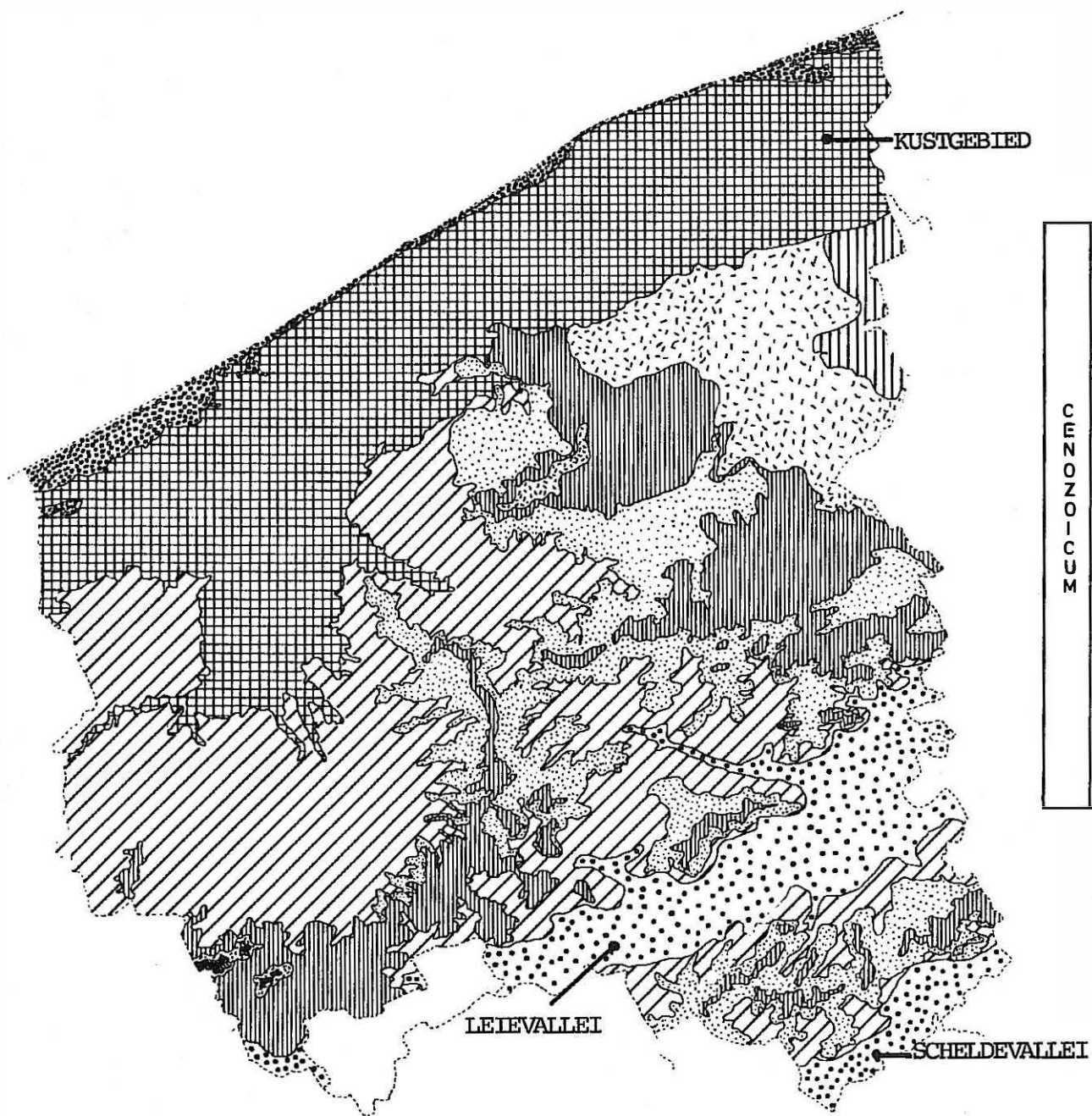
9.2.2. Geologie

Het Kwartair is heterogeen van samenstelling : grind, zand, klei en veen. De rivieren van het Leie- en Scheldebekken hebben in de tertiaire Ieperiaanklei valleien uitgeschuurd die naderhand met grind, zand en leem werden opgevuld.

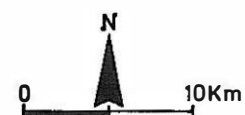
De depressie van de Vlaamse Vallei, daterend van het Pleistoceen, is opgevuld met afzettingen van fluviatiele oorsprong bestaande uit zanden, schelpen en grinden. Bovenaan komen lemen, fijne zanden en eolische dekzanden voor.

9.2.3. Hydrogeologie

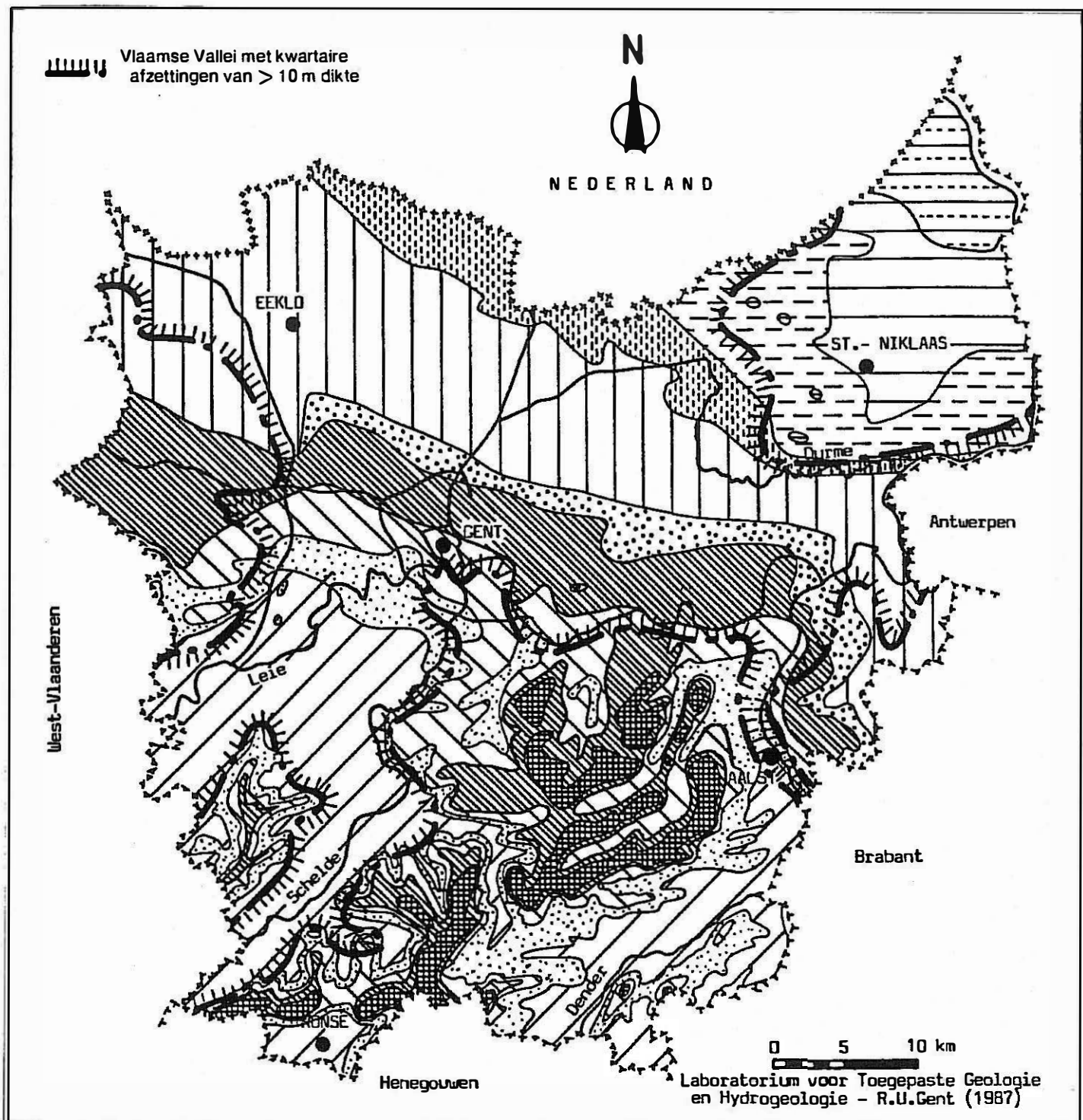
Plaatselijk zijn de kwartaire afzettingen goed tot zeer goed doorlatend. Dit is het geval voor de valleien van Leie en Schelde en voor de Vlaamse Vallei waar de grofkorrelige opvullingssedimenten een vrij hoge doorlatendheid van 20 tot 44 m/dag hebben (DE SMEDT et al., 1989).



			WATEROVERENDE CAPACITEIT		
			GOED	MATIG	SLECHT
CENOZOICUM	KWAARTAIR HOLOCEEN EN PLEISTOCEEN	Duinen			
		Polders			
		Rivierdalopvulling			
	TERTIAIR MIOCEEN EOCEEN	Formatie van Diest			
		Formatie van Kallo			
		Formatie van Lede			
		Formatie van de Mont-Panisel (LID VAN VLIERZELE)			
		Formatie van de Mont-Panisel (OVERIGE LEDEN)			
		Formatie van Egem			
		Formatie van Ieper			



Figuur 9.9. Ligging van het kustgebied en de valleien van Leie en Schelde in West-Vlaanderen.



Figuur 9.10. Ligging van de Vlaamse Vallei en de valleien van Leie en Schelde in Oost-Vlaanderen.

In de poldergebieden waar het Kwartair ook uit goed doorlatende afzettingen bestaat komt er zeer veel natuurlijk zout grondwater voor, soms op minder dan 2 m diepte. De drinkbare zoetwatervoorraden beperken zich hier hoofdzakelijk tot de duingebieden (zie hoofdstuk 11).

9.2.4. Grondwaterpeilen en -winningen

9.2.4.1. Waargenomen waterpeilen

De AMINAL beschikt vooral in de Vlaamse Vallei over een aantal peilputten van het primair grondwatermeetnet. Ter informatie worden hier drie putten te Eeklo besproken.

In de periode juli 1992 - maart 1993 werd in deze drie putten maandelijks de grondwaterdiepte opgemeten. Voor de drie putten samen bedroeg de diepte van het grondwater in de betreffende periode maximum 2,05 m en minimum 0,93 m met een gemiddelde van 1,50 m.

Voor een put gelegen op de waterscheidingskam tussen Leie en Schelde te Kruishoutem bedroeg de gemiddelde grondwaterdiepte in de periode juni 1992 - maart 1993 1,76 m.

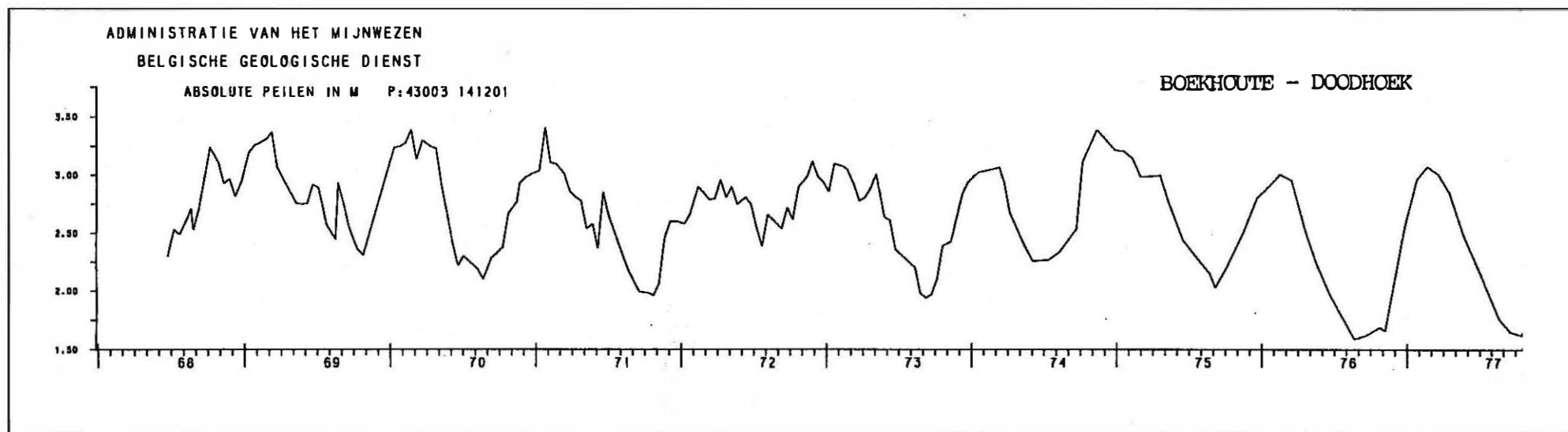
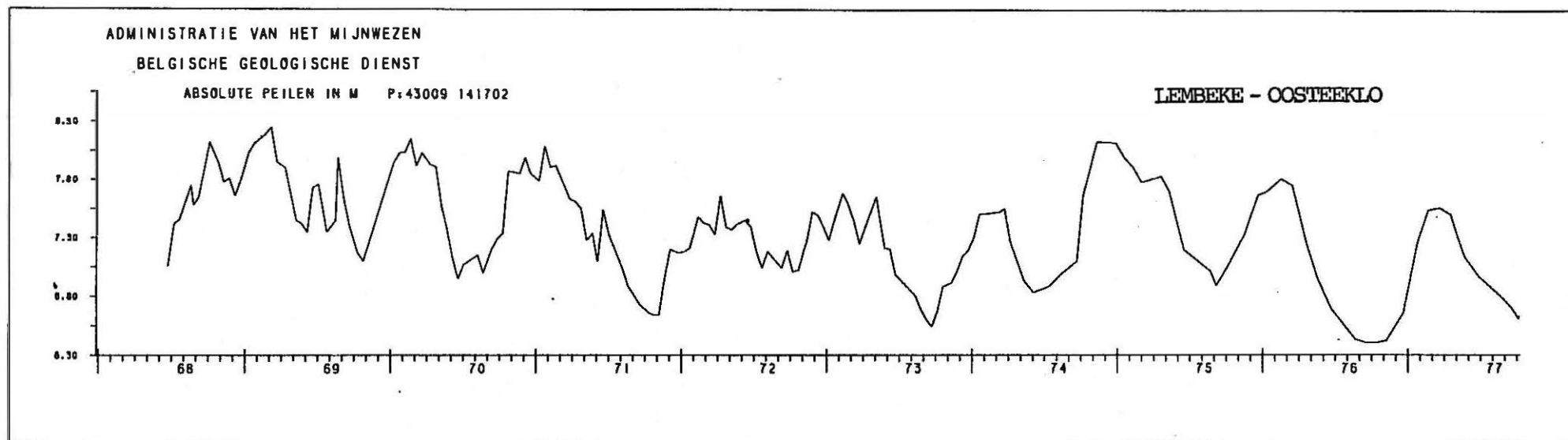
Figuur 9.11 geeft de evolutie weer van het grondwaterpeil van twee kwartaire peilputten gelegen te Lembeke-Oosteeklo en te Boekhoute-Doodhoek voor de periode 1968-1977. Uit deze grafieken blijkt dat de grondwaterstand vrij regelmatig de neerslag-schommelingen volgt (GULINCK et al., 1984).

9.2.4.2. Grondwaterwinning

9.2.4.2.1. Inleiding

Voor de periode 1986-1990 werden voor de provincie West-Vlaanderen volgende debieten jaarlijks vergund :

- industrie : 2 117 225 m³
- landbouw : 42 200 m³
- drinkwatermaatschappijen : 1 460 000 m³.



Figuur 9.11. Evolutie van de kwartaire grondwaterpeilen te
Lembeke-Oosteklo en te Boekhoute-Doodhoek voor
de periode 1968-1977.

Voor Oost-Vlaanderen werden voor 1986-1990 volgende debieten jaarlijks vergund :

- industrie : 1 495 595 m³
- landbouw : 336 565 m³
- drinkwatermaatschappijen : 12 290 500 m³.

De VMW heeft in West-Vlaanderen winningen te Avelgem-Waar-
maarde en Kerkhove in de Scheldevallei ; in Oost-Vlaanderen
zijn er acht VMW-winningsplaatsen (Berlare, Zele, Sinaai,
Oosteeklo, Moerbeke en drie zones te Eeklo) in de Vlaamse
Vallei.

In tabellen 9.6 en 9.7 zijn voor respectievelijk West- en
Oost-Vlaanderen de opgepompte debieten voor het kwartaal in de
periode 1987-1990 weergegeven.

Tabel 9.6. - Kwartaal West-Vlaanderen, opgepompte debieten
1987-1990 (in m³).

JAAR	NIJVERHEID (aantal installa- ties)	DRINKWATERMAAT- SCHAPPIJEN (aantal installaties)
1987	361 192 (89)	859 200 (1)
1988	166 290 (48)	871 083 (1)
1989	474 061 (113)	750 249 (1)
1990	0 (0)	368 435 (1)

Tabel 9.7. - Kwartair Oost-Vlaanderen, opgepompte debieten
1987-1990 (in m³).

JAAR	NIJVERHEID (aantal installa- ties)	DRINKWATERMAAT- SCHAPPIJEN (aantal installa- ties)
1987	3 969 899 (161)	2 114 070 (5)
1988	2 209 414 (189)	7 803 198 (8)
1989	5 476 298 (168)	8 982 917 (9)
1990	3 781 889 (171)	10 721 333 (10)

Voor West-Vlaanderen stelt men vast dat er meer vergund is dan er effectief opgepompt wordt, terwijl in Oost-Vlaanderen het omgekeerde vastgesteld wordt voor de nijverheid. Wel dient eraan toegevoegd dat de opgegeven opgepompte debieten niet altijd de werkelijkheid weergeven daar een aantal bedrijven hun gegevens niet (tijdig) doorgeven aan de AMINAL.

9.2.4.2.2. Evolutie

In West-Vlaanderen stelt men voor het opgepompte debiet sterke schommelingen vast voor de nijverheid terwijl voor de drinkwatermaatschappijen vanaf 1988 een daling optreedt.

Voor Oost-Vlaanderen blijft het opgepompte debiet voor de nijverheid variëren rond 3,8 miljoen m³/jaar. De drinkwatermaatschappijen (hier de VMW) onttrekken steeds hogere debieten, van 2 miljoen m³ in 1987 tot 10,7 miljoen m³ in 1990.

9.2.5. Grondwaterkwaliteit

9.2.5.1. Inleiding

De grondwaterkwaliteit van het Kwartair in de provincie West-Vlaanderen werd belicht in de studie van WALRAEVENS, 1990. De besluiten van deze studie worden hierna kort weergegeven.

De grondwaterkwaliteit in de freatische watervoerende laag van het Kwartair is in het kustgebied sterk beïnvloed door natuurlijke verzilting. Hierdoor worden geleidbaarheid, chloride- en sulfaatgehalte en hardheid gevoelig verhoogd ten opzichte van het niet-verzilt gebied.

De freatische laag is steeds het meest vatbaar voor verontreiniging. De vervuiling vanuit puntbronnen geeft ondermeer aanleiding tot wisselende ammonium-, nitraat-, chloride-, sulfaat- en ijzergehalten.

In het kwartaire grondwater is de pH kleiner dan 8,00. Het niet-verzilde kwartaire grondwater is hard tot zeer hard. De verzilde gedeelten bevatten uiterst hard water. Het ijzergehalte ligt hoog tot zeer hoog. Ook bevat het grondwater hoge ammoniumgehalten. Meestal worden in het kwartaire grondwater weinig nitraten aangetroffen, hoewel in ondiepe putten hoge nitraatgehalten frequent voorkomen. Het fluoridegehalte ligt gewoonlijk laag.

Voor het Kwartair in Oost-Vlaanderen zijn slechts sporadische gegevens beschikbaar. Globaal kan men het kwartaire grondwater hier typeren als zacht, licht gemineraliseerd en sterk ijzerhoudend. Het grondwater bevat hoge concentraties aan mangaan en ammoniak. Ook ligt het gehalte aan organische stoffen hoog, waardoor het water sterk reducerend is (DE SMEDT, 1992).

Ter illustratie worden in tabel 9.8 de resultaten weergegeven van grondwateranalyses van VMW-winningen te Zele en te Eeklo-Waaistraat voor de periode 1984-1992.

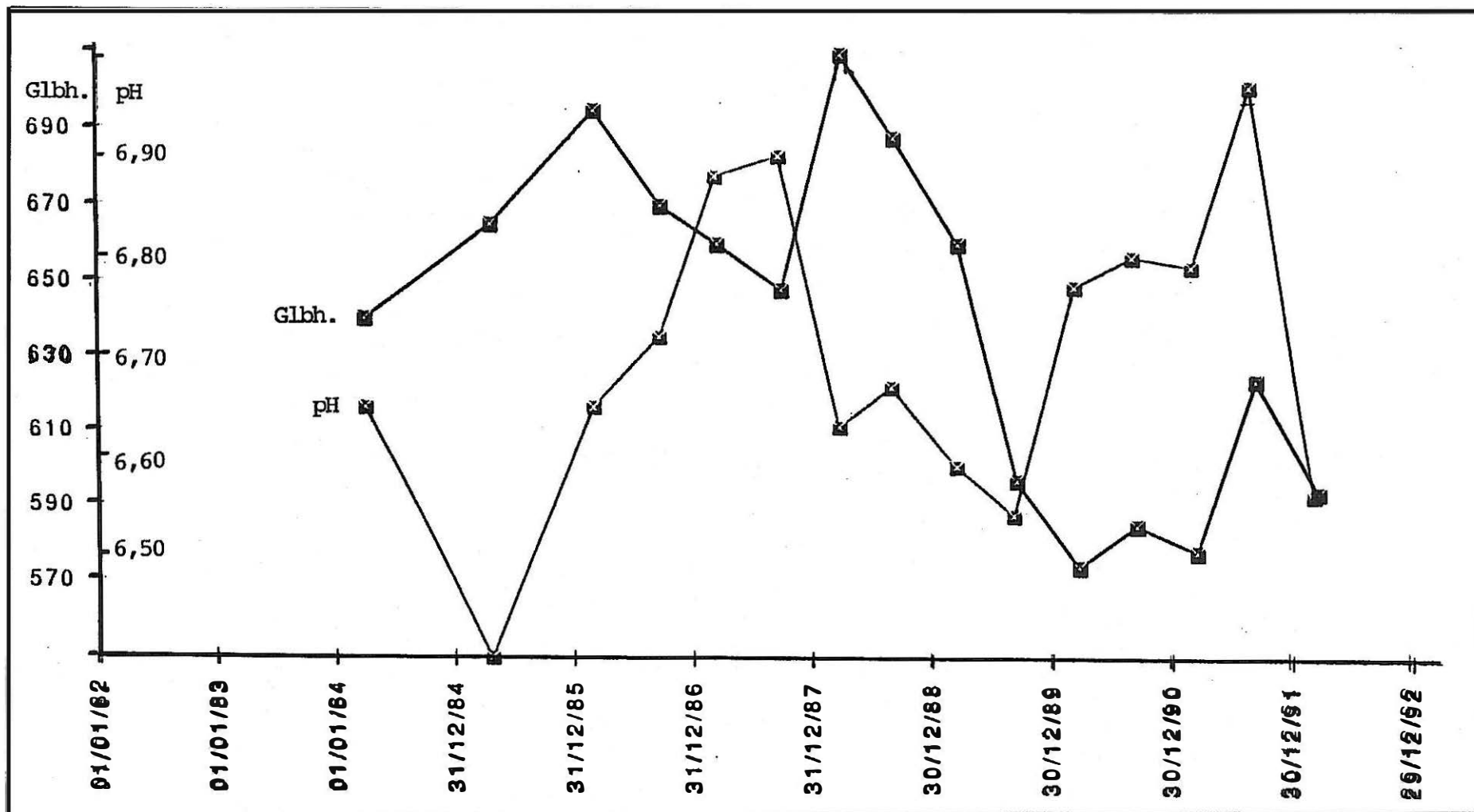
Figuren 9.12 en 9.13 geven grafisch de evolutie weer van pH en geleidbaarheid van deze winningen.

Tabel 9.8. Resultaten van grondwateranalyses van de VMW-winningen te Zele en te Eeklo-Waaistraat.

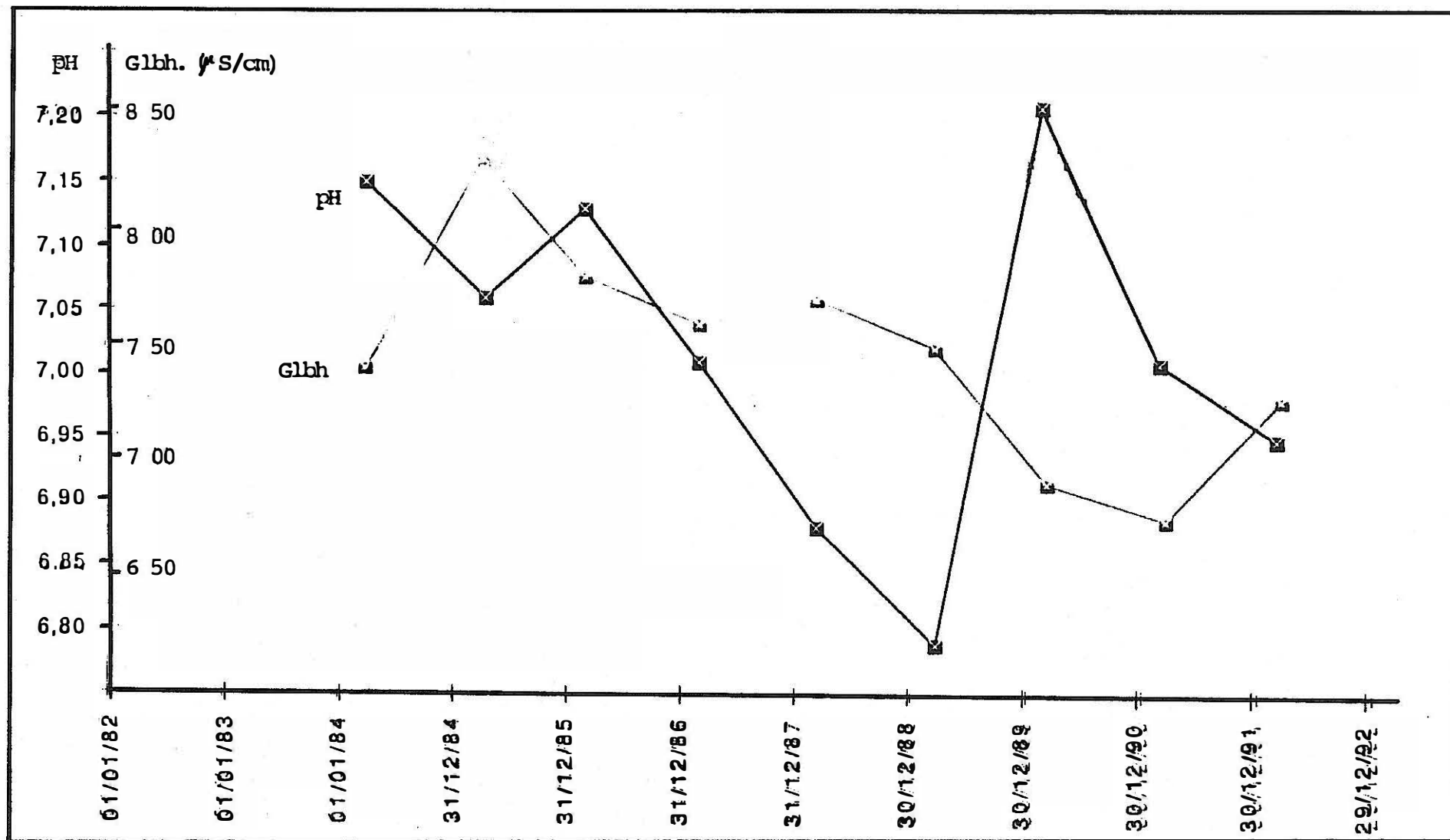
DATUM	WINNING		Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	TH °Fr	NH4 mg/l	NO3 mg/l	NO2 mg/l	O-PO4 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	pH	Temp. °C	EGV µS/cm	TAC °Fr
02-04-84	ZELE	S1	81,0	9,0	32,0	6,0	23,9	0,57	0,00	0,00	0,03	45,0	146,0	6,65		640,0	11,5
23-04-85	ZELE	S1	83,0	9,0	32,0	7,0	24,4	0,60	0,00	0,00	0,02	49,0	159,0	6,40		665,0	10,8
04-03-86	ZELE	S1	83,0	9,0	32,0	6,0	24,3	0,80	0,00	0,00	0,21	46,0	154,0	6,65	10,5	695,0	11,6
24-09-86	ZELE	S1	83,0	9,0	30,0	6,0	24,2	0,69	0,00	0,00	0,01	47,0	142,0	6,72	11,0	670,0	12,4
17-03-87	ZELE	S1	80,0	9,0	31,0	7,0	23,5	0,68	0,00	0,00	0,05	47,0	153,0	6,88	11,0	660,0	12,0
29-09-87	ZELE	S1	81,0	9,0	31,0	7,0	23,9	0,62	0,00	0,00	0,01	47,0	147,0	6,90	11,0	648,0	14,0
29-03-88	ZELE	S1	81,0	9,0	32,0	7,0	23,8	0,73	0,00	0,00	0,01	49,0	152,0	6,63	10,0	710,0	13,6
06-09-88	ZELE	S1	80,0	9,0	31,0	7,0	23,7	0,62	0,00	0,00	0,02	47,0	150,0	6,67	11,0	688,0	13,6
22-03-89	ZELE	S1	82,0	9,0	34,0	8,0	24,0	0,63	0,00	0,00	0,04	47,0	158,0	6,59	11,0	660,0	13,5
12-09-89	ZELE	S1	84,0	9,0	32,0	8,0	24,7	0,86	0,00	0,00	0,02	46,0	149,0	6,54	11,5	597,0	13,0
20-03-90	ZELE	S1	85,0	10,0	29,0	7,0	25,0	0,75	0,00	0,00	0,22	47,0	152,0	6,77	11,5	574,0	14,0
12-09-90	ZELE	S1	85,0	10,0	32,0	8,0	25,2	0,84	0,00	0,00	0,09	47,0	157,0	6,80	11,5	585,0	14,0
14-03-91	ZELE	S1	84,0	9,0	29,0	7,0	24,6	0,95	0,00	0,00	0,02	49,0	147,0	6,79	12,4	578,0	14,2
11-09-91	ZELE	S1	83,0	9,0	30,0	8,0	24,2	0,97	0,00	0,00	0,07	47,0	162,0	6,97	11,6	624,0	12,2
18-03-92	ZELE	S1	77,0	10,0	35,0	9,0	23,4	1,06	0,00	0,00	0,44	47,0	152,0	6,56	11,0	594,0	14,4
		gem	82,1	9,2	31,5	7,2	24,2	0,8	0,0	0,0	0,1	47,1	152,0	6,7	11,2	639,2	13,0
		sd	2,2	0,4	1,6	0,9	0,5	0,2	0,0	0,0	0,1	1,1	5,4	0,2	0,6	44,8	1,1
		2sd	4,3	0,8	3,3	1,7	1,0	0,30	0,00	0,00	0,24	2,3	10,9	0,31	1,2	89,5	2,3
		gem-2sd	77,8	8,4	28,2	5,5	23,1	0,46	0,00	0,00	-0,16	44,9	141,1	6,40	10,0	549,7	10,7
		gem+2sd	86,5	10,0	34,8	8,9	25,2	1,06	0,00	0,00	0,32	49,4	162,9	7,01	12,3	728,7	15,3

DATUM	WINNING		Ca mg/l	Mg mg/l	Na mg/l	K mg/l	TH °Fr	NH4 mg/l	NO3 mg/l	NO2 mg/l	O-PO4 mg/l	Cl mg/l	SO4 mg/l	pH	Temp. °C	EGV µS/cm	TAC °Fr
09-04-84	WAAISTRAAT	BATTERIJ	117,0	9,0	22,0	4,0	33,0	2,38	0,00	0,07	0,17	40,0	96,0	7,15		740,0	25,0
24-04-85	WAAISTRAAT	BATTERIJ	126,0	10,0	23,0	4,0	35,7	2,15	0,00	0,02	0,06	45,0	95,0	7,06		830,0	26,4
12-03-86	WAAISTRAAT	BATTERIJ	127,0	10,0	24,0	4,0	36,1	2,76	0,00	0,00	0,39	42,0	89,0	7,13		780,0	26,2
10-03-87	WAAISTRAAT	BATTERIJ	127,0	10,0	23,0	5,0	35,7	2,62	0,00	0,00	0,05	45,0	97,0	7,01	11,0	760,0	26,0
16-03-88	WAAISTRAAT	BATTERIJ	124,0	10,0	21,0	4,0	34,9	2,93	0,00	0,00	0,02	44,0	94,0	6,88	11,0	771,0	25,8
28-03-89	WAAISTRAAT	BATTERIJ	126,0	10,0	24,0	5,0	35,5	2,63	0,00	0,00	0,09	46,0	96,0	6,79	11,0	750,0	26,0
12-03-90	WAAISTRAAT	BATTERIJ	126,0	10,0	24,0	5,0	35,3	2,61	0,00	0,00	0,16	48,0	92,0	7,21	11,0	690,0	25,8
21-03-91	WAAISTRAAT	BATTERIJ	123,0	10,0	23,0	5,0	34,8	3,00	0,00	0,00	0,07	48,0	84,0	7,01	11,0	674,0	26,0
24-03-92	WAAISTRAAT	BATTERIJ	131,0	12,0	26,0	5,0	37,6	3,34	0,00	0,00	0,89	53,0	86,0	6,95	10,8	727,0	26,8
		gem	125,2	10,1	23,3	4,6	35,4	2,71	0,00	0,01	0,21	45,7	92,1	7,02	11,0	746,9	26,0
		sd	3,8	0,8	1,4	0,5	1,2	0,35	0,00	0,02	0,28	3,8	4,7	0,13	0,1	47,1	0,5
		2sd	7,6	1,6	2,8	1,1	2,4	0,70	0,00	0,05	0,56	7,5	9,5	0,27	0,2	94,2	1,0
		gem-2sd	117,6	8,5	20,5	3,5	33,0	2,01	0,00	-0,04	-0,34	38,1	82,7	6,75	10,8	652,7	25,0
		gem+2sd	132,8	11,7	26,2	5,6	37,8	3,41	0,00	0,06	0,77	53,2	101,6	7,29	11,1	841,1	27,0

schuin en vet zijn waarden die > gem ± 2 maal de standaardafwijking.



Figuur 9.12. Evolutie van pH en geleidbaarheid van de VMW-grondwaterwinning te Zele, put S1.



Figuur 9.13. Evolutie van pH en geleidbaarheid van de VMW-grondwaterwinning te Eeklo-Waaistraat.

9.2.5.2. Evolutie

Daar grondwateranalyses van het kwartaire watervoerende systeem gespreid over voldoende lange tijd ontbreken kan geen algemene trend worden aangegeven. Door het freatisch karakter van dit systeem spelen ook zeer lokale factoren een belangrijke rol in de evolutie van de grondwaterkwaliteit (voorkomen van stortplaatsen, intensieve landbouwgebieden, industrie enz.). Vooral de stikstofverontreiniging dient nader bestudeerd te worden.

In de Vlaamse Vallei te Oost-Vlaanderen werd de laatste jaren een stijgende mineralisatie vastgesteld mede door grote infrastructuurwerken (ondermeer kanalen) en intense grondwateronttrekkingen door industrie en tuinbouw (ondermeer bloemen) (DE SMEDT, 1992).

9.2.6. Bedreigingen en toekomstverkenning

Het grondwater uit het kwartaire watervoerende systeem wordt vooral kwalitatief bedreigd. Dit doordat het systeem freatisch is en kwetsbaar tot zeer kwetsbaar (DE BREUCK et al., 1987 en BAETEN et al., 1987).

In zones met een hoge landbouwactiviteit (zowel akkerbouw en veeteelt) stelt zich het probleem van de stikstofverontreiniging (nitraten, nitrieten en ammonium).

In de Gentse Kanaalzone werd door diverse LTGH-studies een kwartaire grondwaterverontreiniging aangetoond, niet alleen door een verhoogd gehalte van de klassieke parameters, maar ook door het voorkomen van zware metalen en organische producten.

Om het stijgend waterverbruik te kunnen opvangen wordt door de drinkwatermaatschappijen deels beroep gedaan op de uitbouw van nieuwe grondwaterwinningen in het kwartair watervoerend systeem. Volgende gebieden komen hiervoor in aanmerking (AMINAL, 1992) :

- De zoetwaterreserve ter hoogte van het vliegveld te Koksijde met een mogelijke capaciteit van 2 200 m³/dag.
- De zoetwaterreserve in de Avekappellekreek waar ca. 5 500 m³/dag beschikbaar zou zijn voor irrigatie.
- Wortegem-Petegem (Schelde-alluvium) waar ca. 2 à 3 000 m³/dag beschikbaar zou zijn.
- De Zwalmstreek waar grondwater kan onttrokken worden en geïnfiltreerd worden in de Scheldevallei te Zingem.

Bestaande ondiepe grondwaterwinningen te Oosteeklo-Lembeke zouden kunnen vervangen worden door grondwaterwinningen in het Ledo-Paniseliaan dat minder kwetsbaar is en een hogere capaciteit heeft.

9.2.7. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden reeds een aantal algemene studies uitgevoerd die de geologie en de hydrogeologie van het kwartaire watervoerende systeem nader belichten :

- Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone (1983),
- Hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts van Gavere tot het kanaal Bossuit-Kortrijk (1985),
- Studie van de kwartaire afzettingen in de Scheldevallei in de streek van Zingem-Asper (Gavere) met het oog op het winnen van grond- en oppervlaktewater door oeverinfiltratie (1984),
- Piëzometrische stijghoogtewaarnemingen in de Gentse Kanaalzone 1984-1987 (1985 en 1987),
- Hydrogeologie en hydrochemie van de Ijzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (Westelijke kustvlakte) (1991),
- Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990),
- Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek (1992),
- Hydrologische en hydrogeologische studie in het bestek van het landinrichtingsproject "De Westhoek" (1993).

10. HET MASSIEF VAN BRABANT EN HET LANDENIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN

10.1. Het Massief van Brabant in West- en Oost-Vlaanderen

10.1.1. Geologie en hydrogeologie

De diepst onderzochte watervoerende laag in West- en Oost-Vlaanderen wordt gevormd door de gesteenten van het Massief van Brabant van Cambro-Siluur ouderdom (Sokkel). Deze gesteenten bestaan hoofdzakelijk uit kwartsiet en leistenen waarvan het bovenste gedeelte barsten en spleten vertoont. De debieten zijn sterk afhankelijk van de dichtheid en de uitbreiding van deze spleten en barsten. De top van de sokkel daalt van ca.

- 50 in het zuiden van West- en Oost-Vlaanderen tot ca. - 450 in de grensstreek met Nederland (GOM WEST-VLAANDEREN, 1986).

Het niet gespleten gedeelte van het Massief van Brabant mag als ondoorlatend worden beschouwd en vormt de basis van het watervoerend pakket.

Het Massief van Brabant wordt ten zuiden van de lijn Ieper-Avelgem begrensd door het Bekken van Namen (LEBBE et al., 1988).

10.1.2. Waargenomen waterpeilen

10.1.2.1. Inleiding

De door de AMINAL verstrekte gegevens zijn te beperkt om lijnen van gelijke stijghoogte te tekenen (15 peilgegevens in West-Vlaanderen en 6 peilgegevens in Oost-Vlaanderen). Daarom werd gebruik gemaakt van de resultaten van een vroeger uitgevoerde hydrogeologische studie (DE BREUCK et al., 1988). Vooral de gegevens van de peilronde uitgevoerd in de zomer 1988 en de daaruit afgeleide stijghoogtekaarten zijn gebruikt. Meer recente peilgegevens (oktober 1992 en winter 1993) zijn op de stijghoogtekaart van de zomer 1988 aangeduid om eventuele veranderingen aan te tonen.

De stijghoogten in het Massief van Brabant in de zomer 1988 zijn weergegeven op figuur 10.1.

10.1.2.2. Evolutie

De AMINAL-gegevens laten niet toe de stijghoogte-evolutie van het grondwater in het Massief van Brabant over lange tijd te evalueren.

Figuren 10.2 tot en met 10.8 geven de stijghoogte-evolutie in het Massief van Brabant weer vanaf het begin van deze eeuw.

De stijghoogtekaarten tussen 1910 en 1986 tonen het bestaan aan van een duidelijke afpompingsstrecther in het watervoerend systeem.

In het begin van de eeuw lagen de stijghoogten steeds in de buurt van + 10 à + 20 wat praktisch de natuurlijke toestand weergaf (zonder winningen). Nadien ontstaat een kleine afpompingsstrecther die met de jaren dieper en groter wordt. Deze afpompingsstrecther verplaatst zich vanaf 1975 van de streek Waregem-Kortrijk naar de as Kortemark-Roeselare-Waregem. Ook in de streek van Aalst is op de kaart van mei 1986 een duidelijke afpompingsstrecther merkbaar.

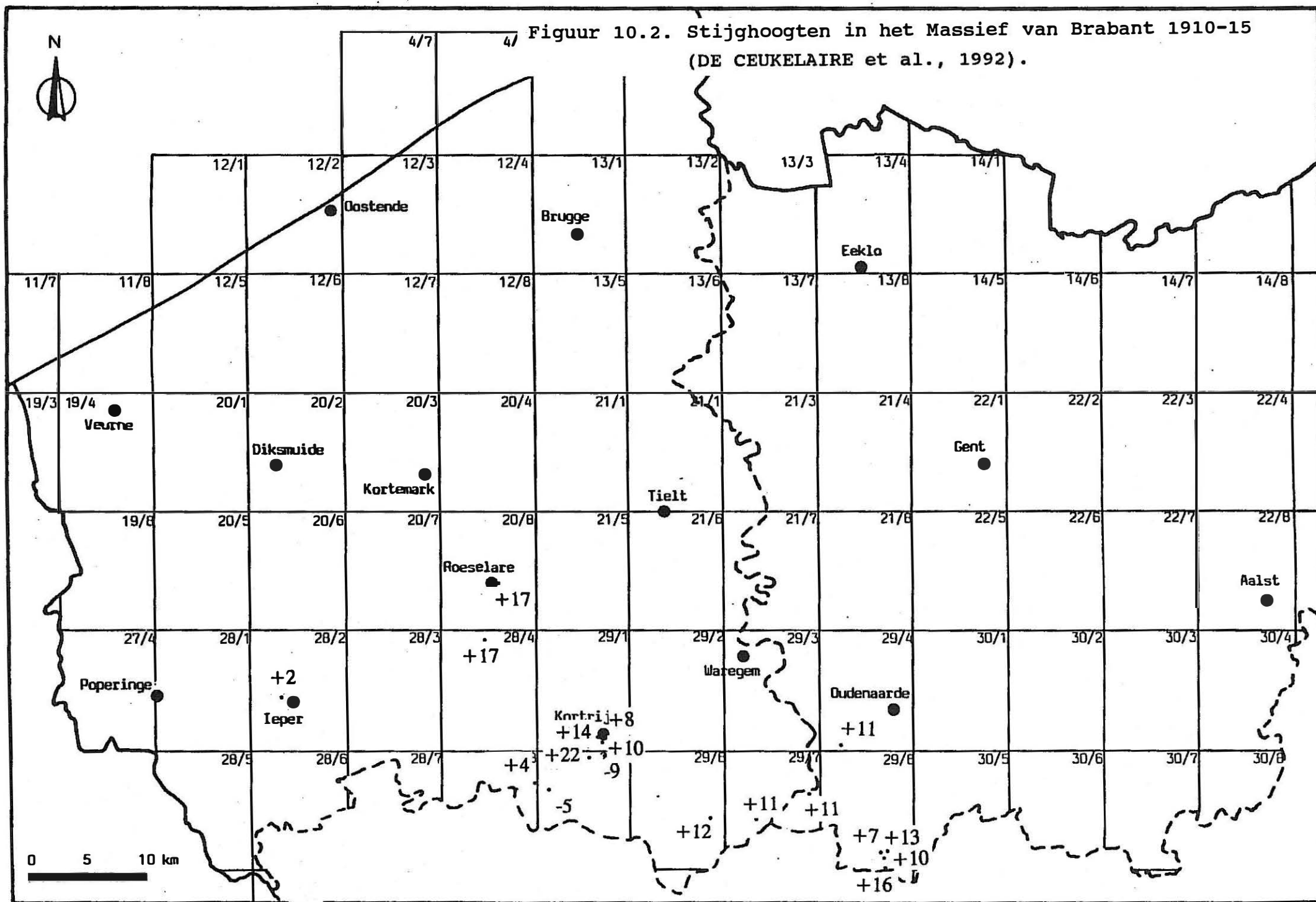
Waar de stijghoogten onder de top van het Massief van Brabant dalen, kunnen allerhande reacties in het reservoirgesteente ontstaan (o.a. oxydatieprocessen) die de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden.

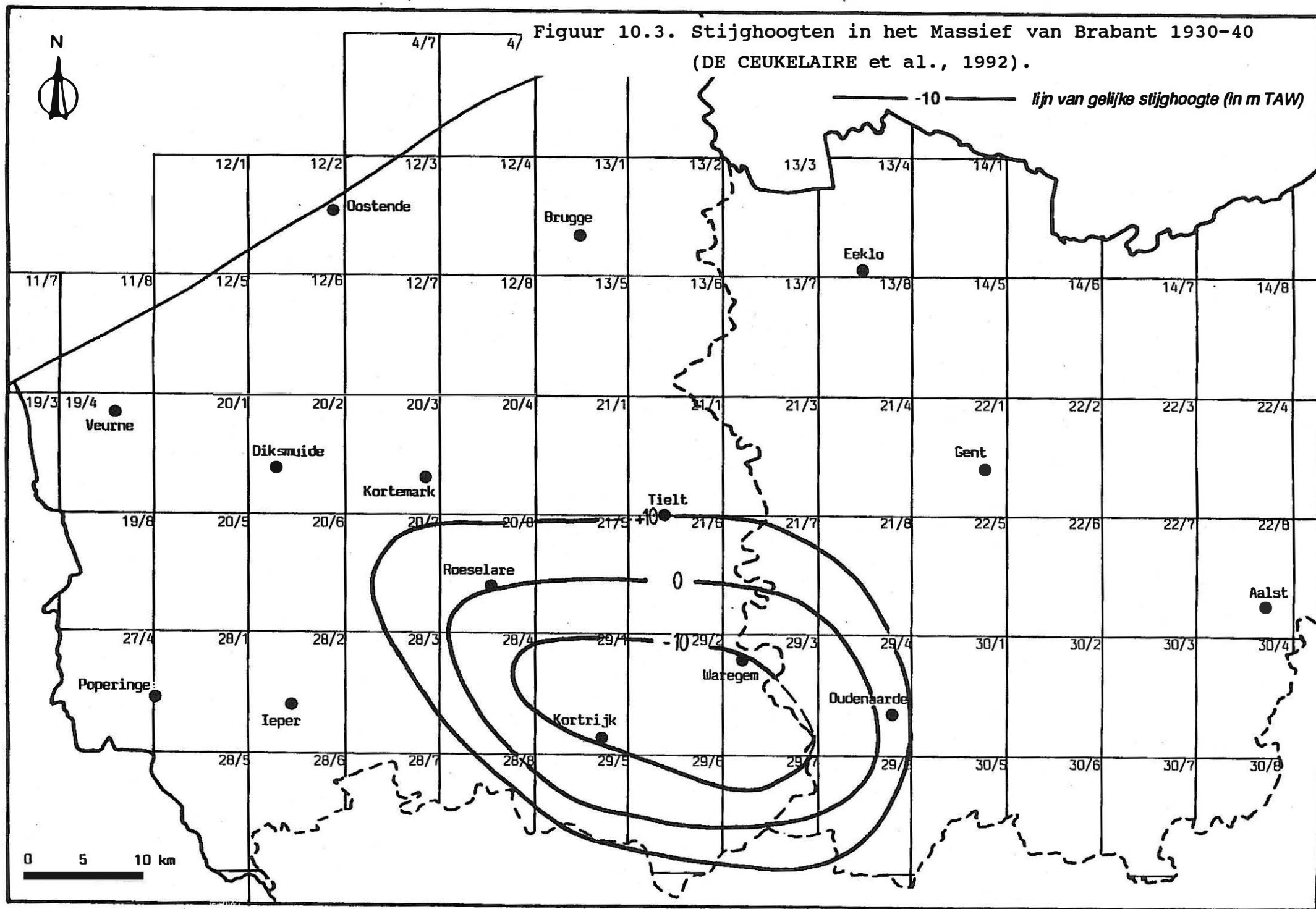
Wanneer de gegevens van juni-juli 1988 vergeleken worden met deze van mei 1986 dan is het patroon analoog, behalve voor de afpompingsstrecther rond Aalst.

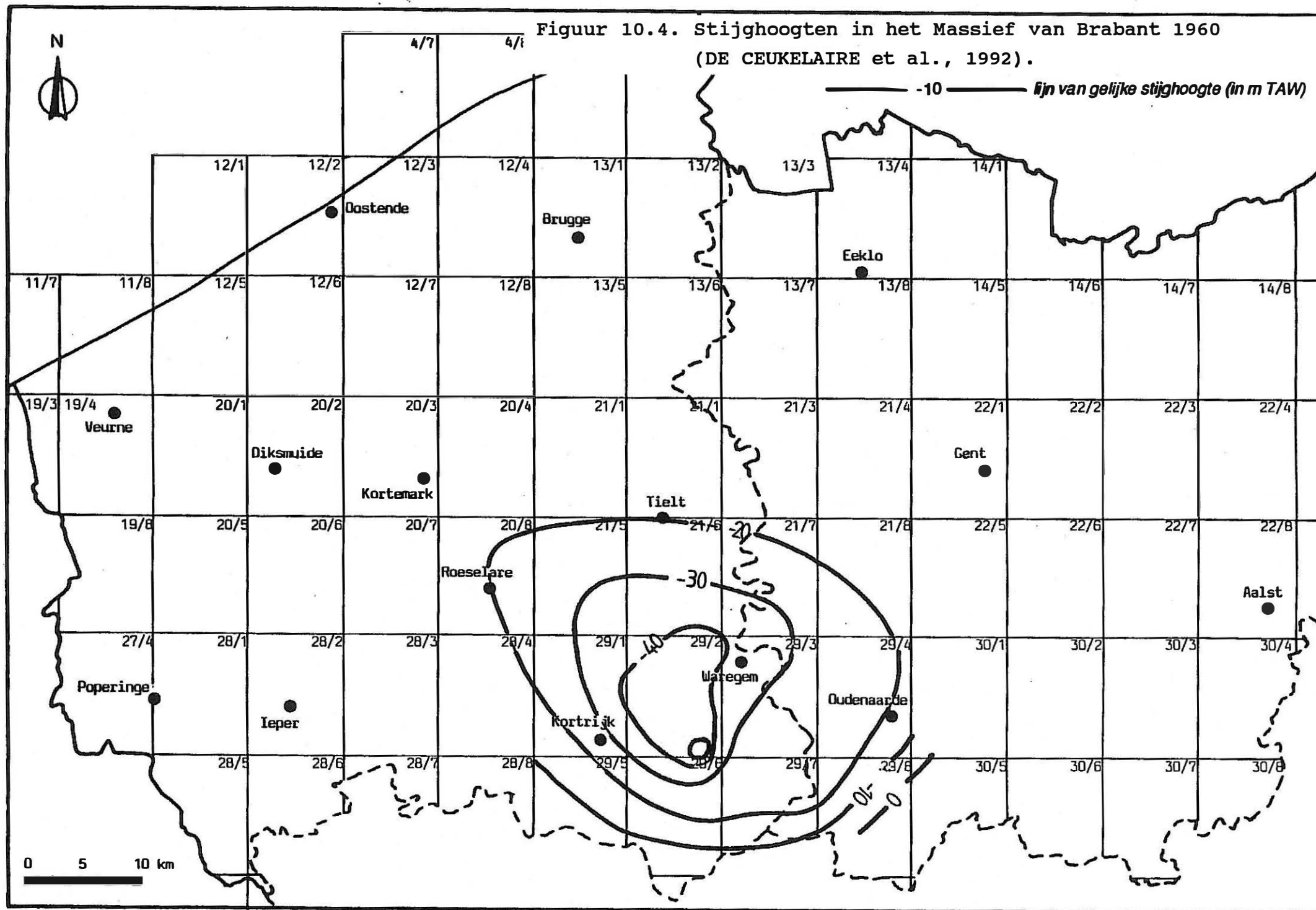
Deze afwijking is een gevolg van het groter aantal waarnemingsgegevens die in 1988 beschikbaar waren, waardoor het patroon betrouwbaarder werd.

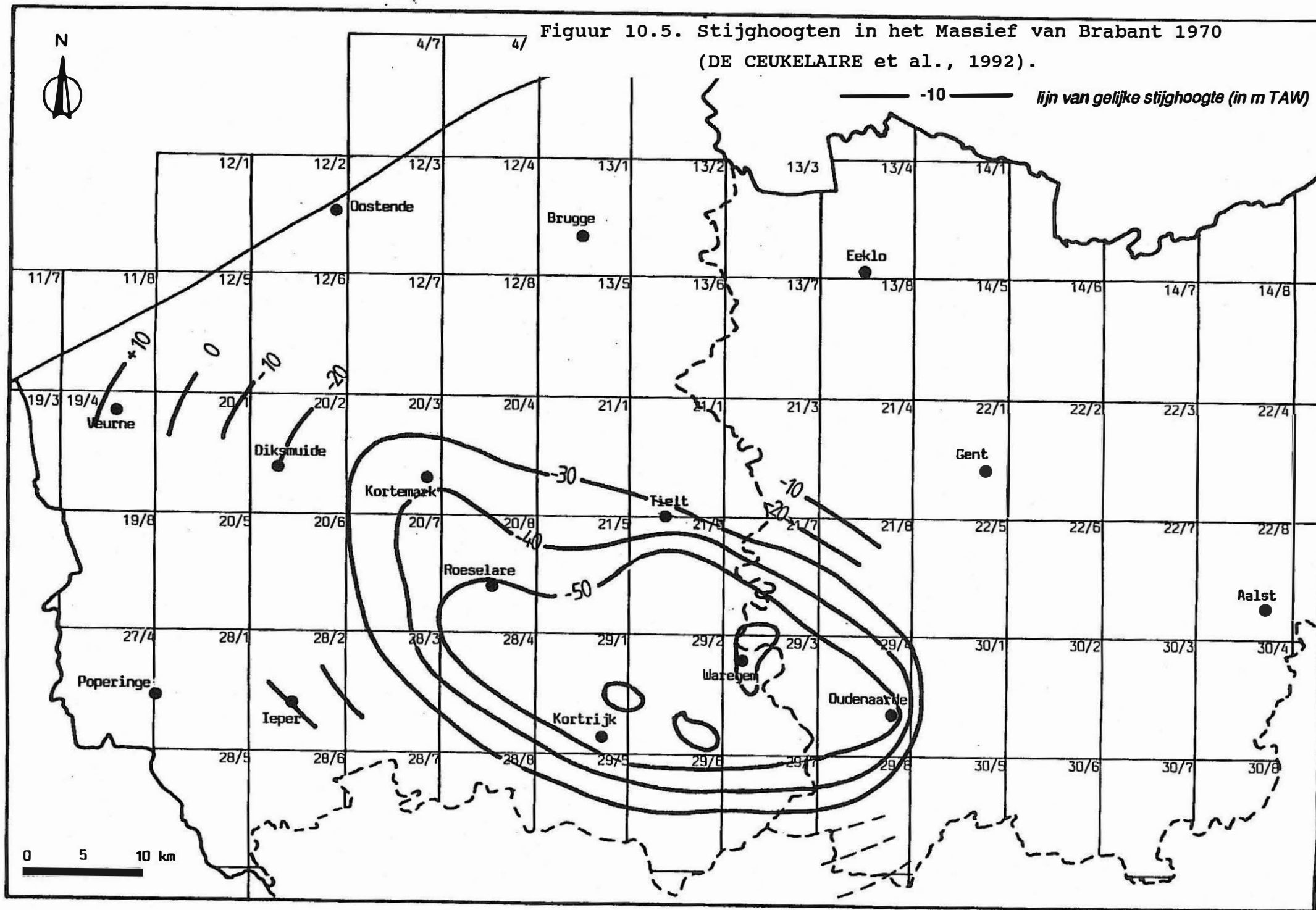
De stijghoogten in 1988 zijn meestal 1 tot 3 m gedaald ten opzichte van de situatie in mei 1986. Grotere dalingen zijn ondermeer waargenomen te Kortemark, Haaltert, Roeselare, Ninove en Wetteren (DE BREUCK et al., 1988).

In DE CEUKELAIRE et al., 1992 wordt voor enkele steden de stijghoogte-evolutie in de Sokkel besproken (fig. 10.9 tot en met 10.12) :



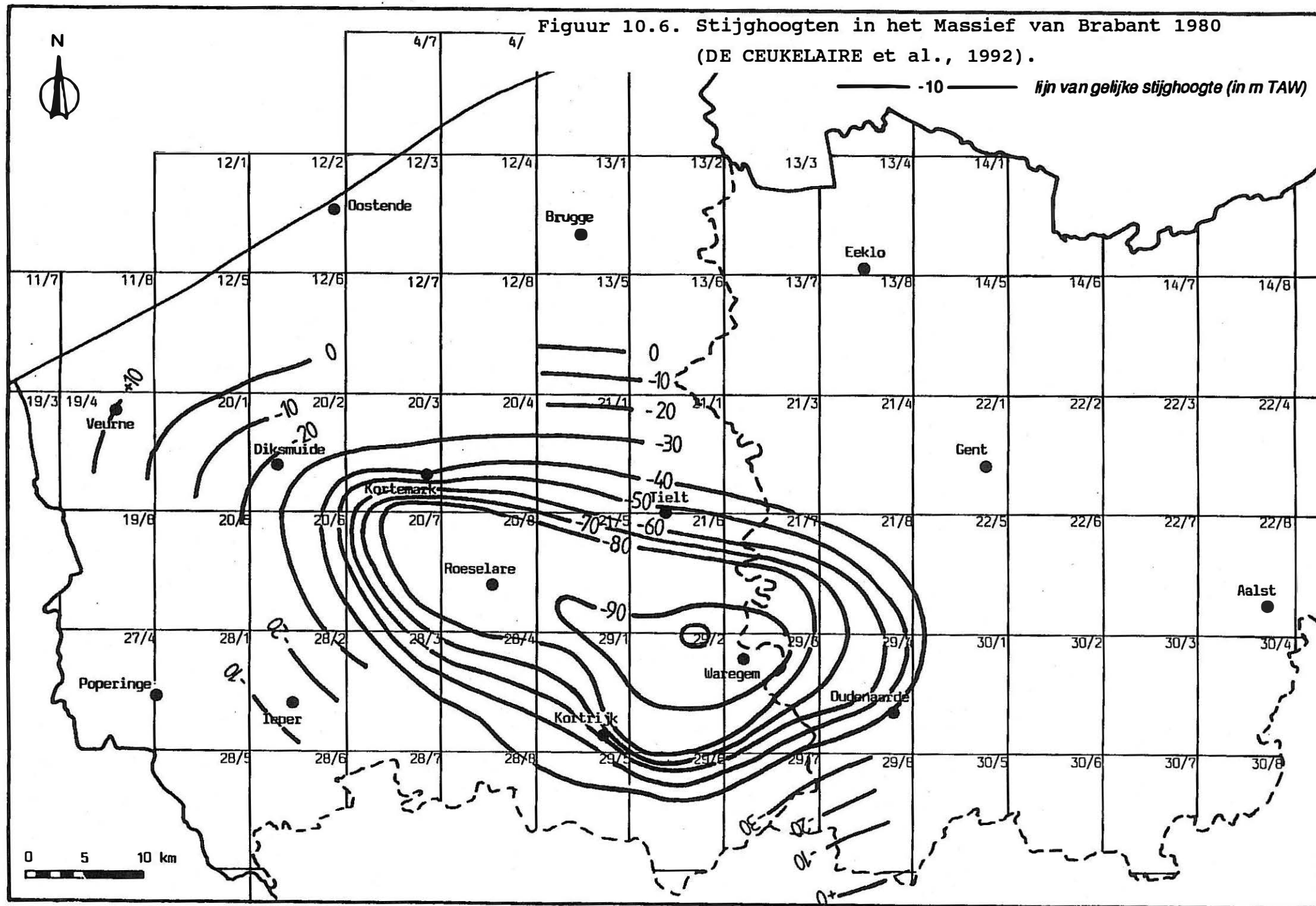


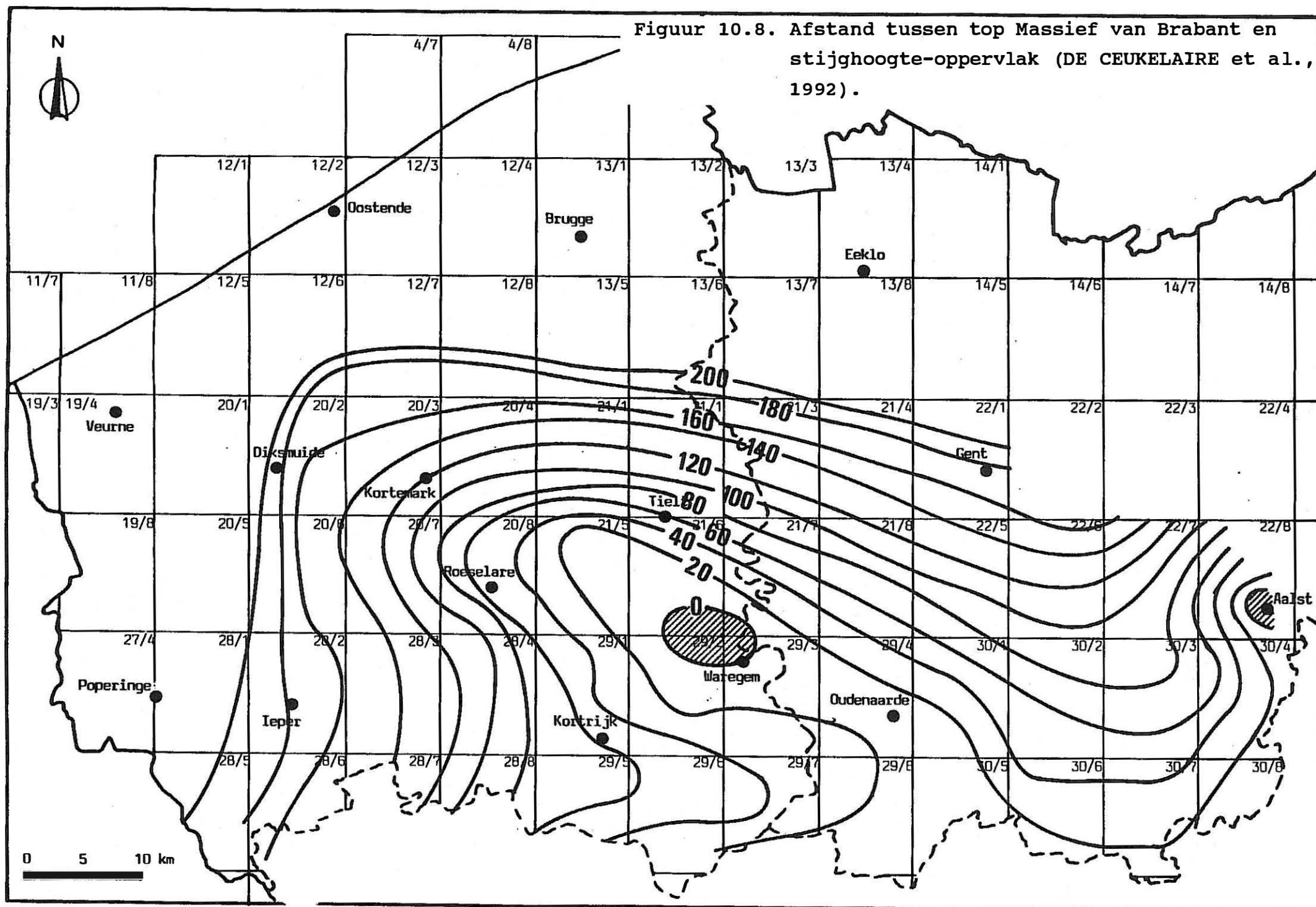


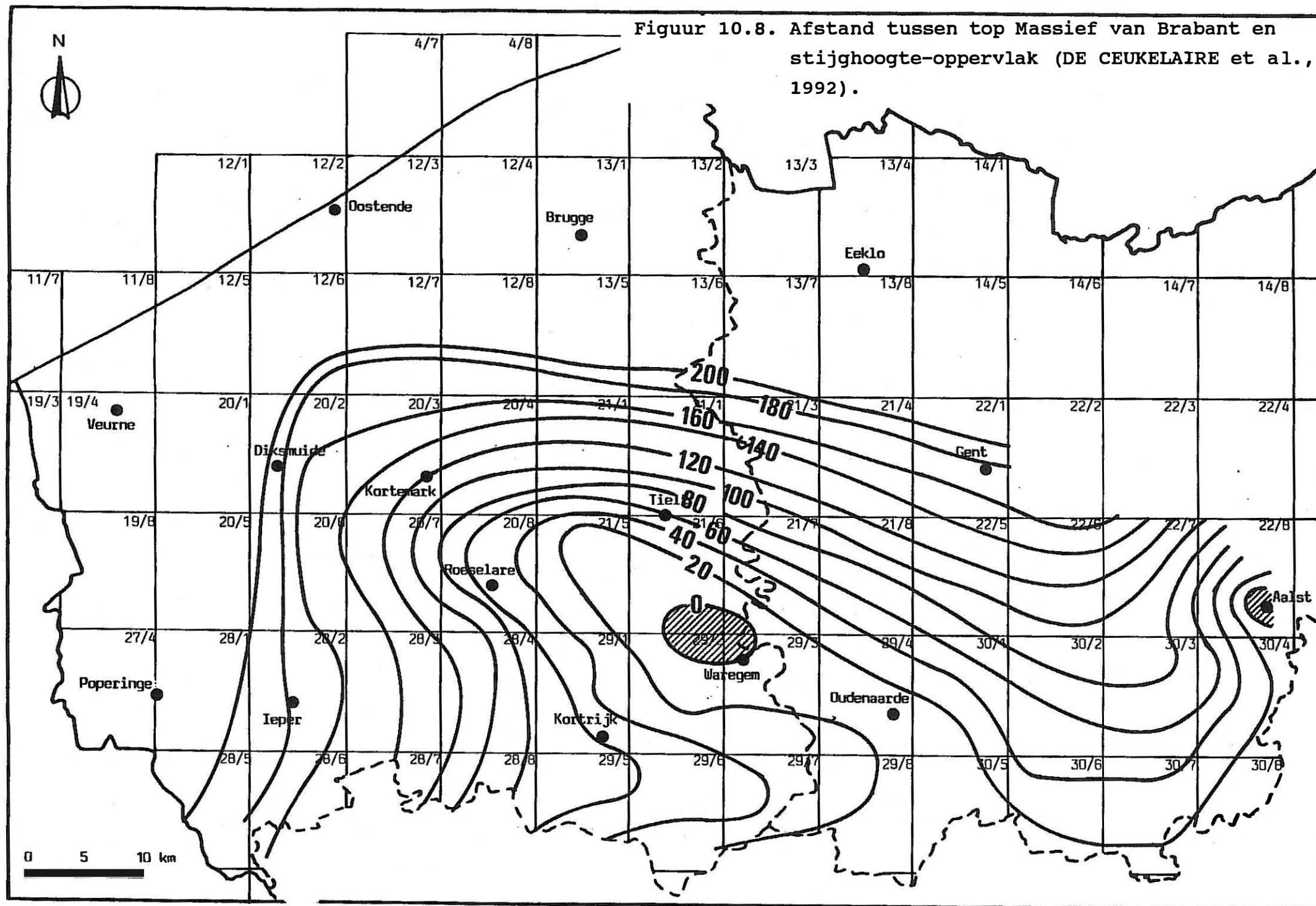


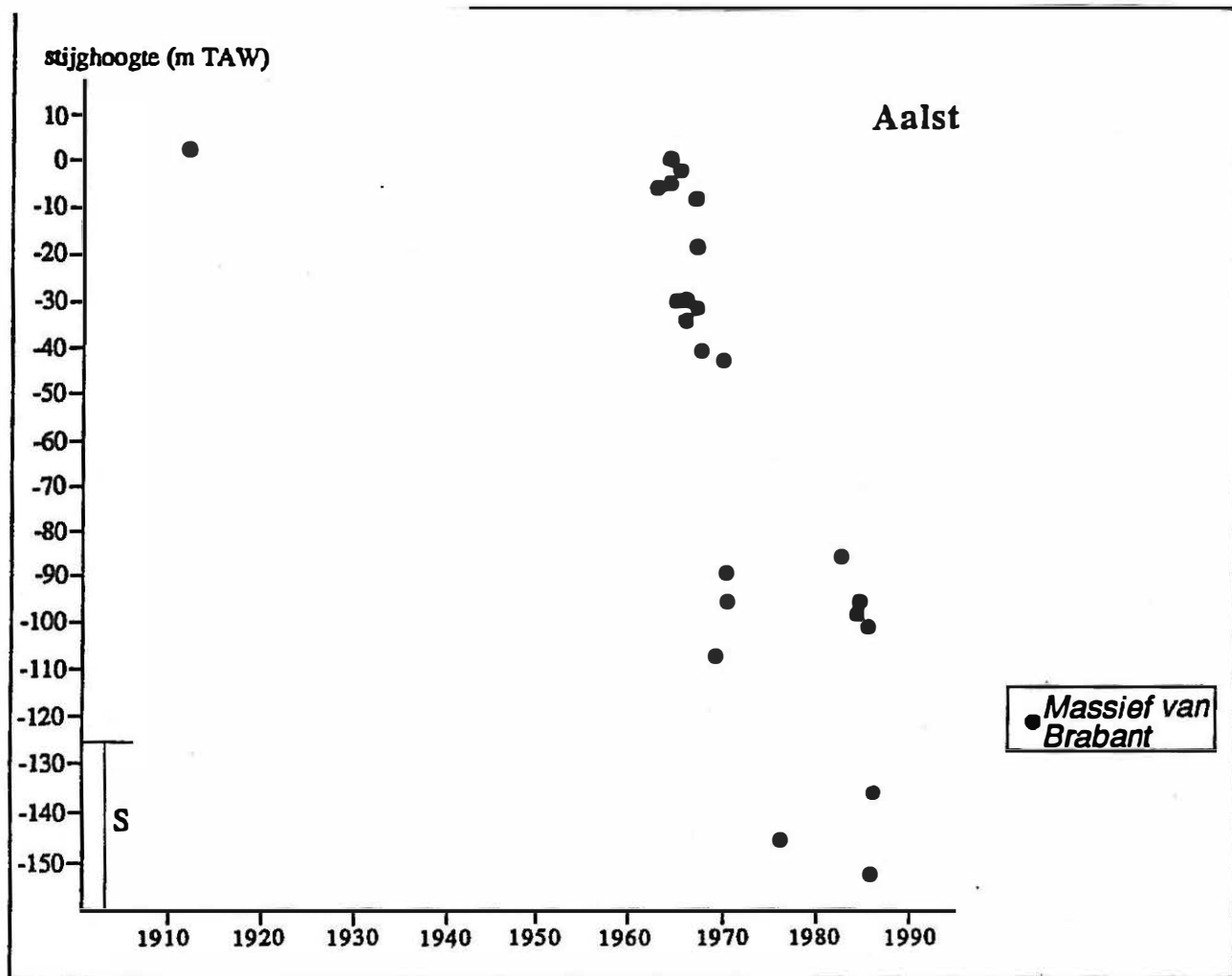
Figuur 10.6. Stijghoogten in het Massief van Brabant 1980

(DE CEUKELAIRE et al., 1992).

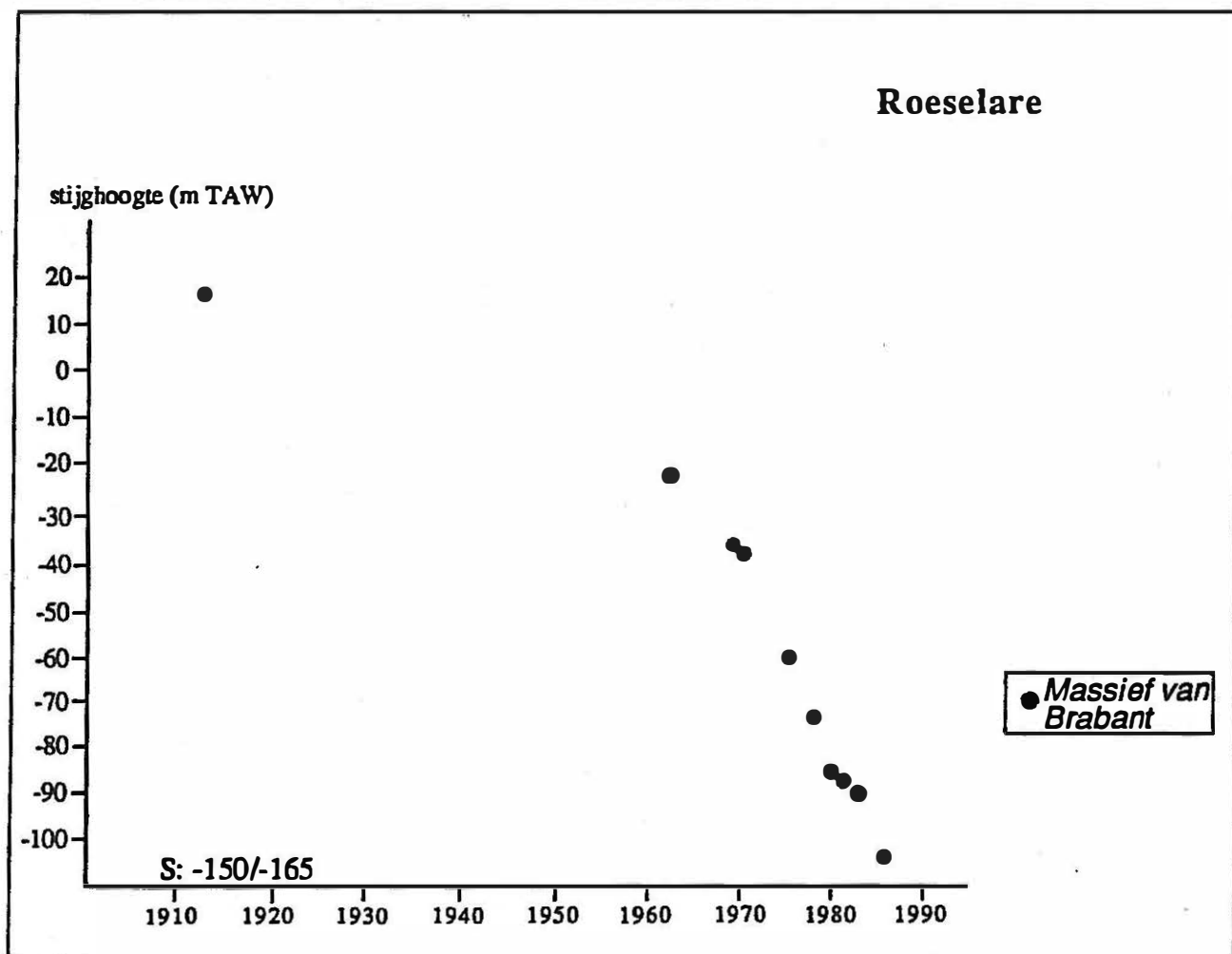








guur 10.9. - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Aalst (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)



g. 10.10. - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Roeselare (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

Oudenaarde

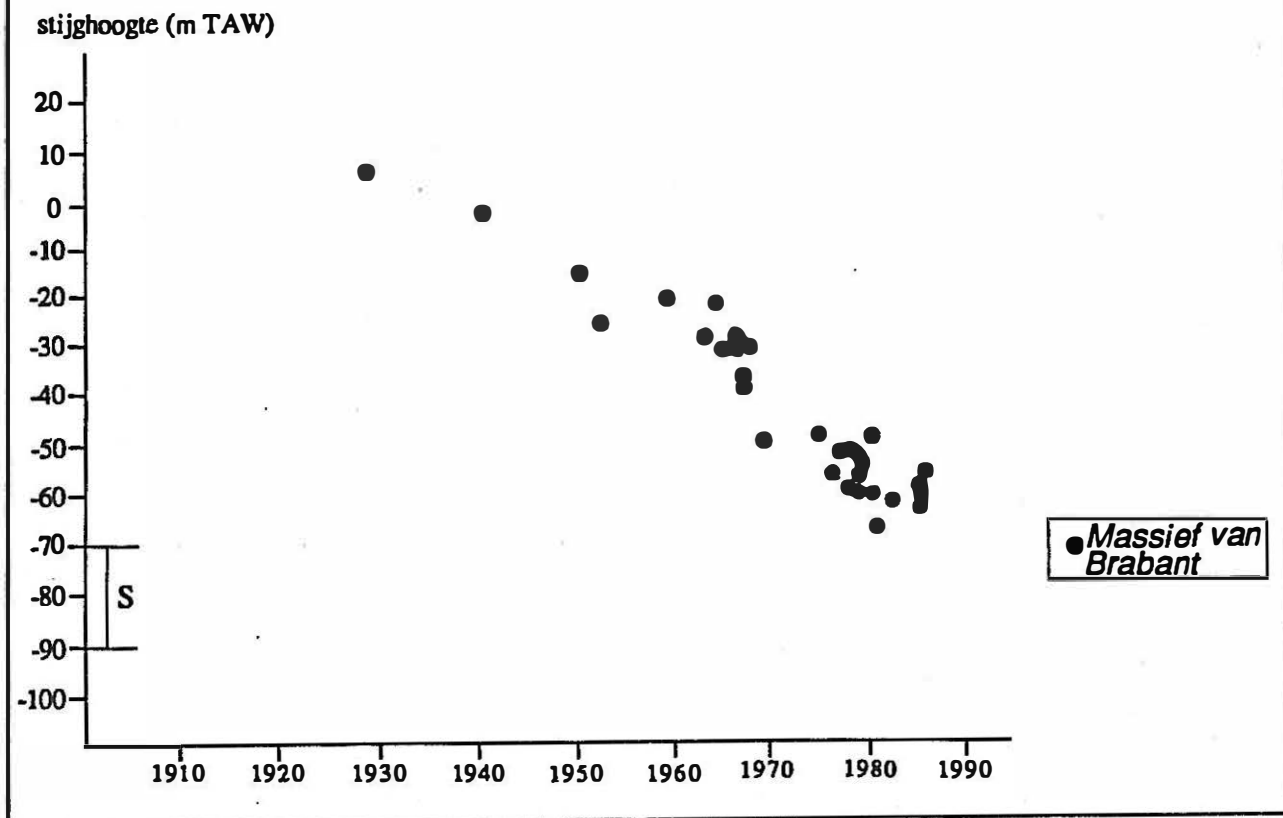


fig. 10.11. - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Oudenaarde (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

Waregem

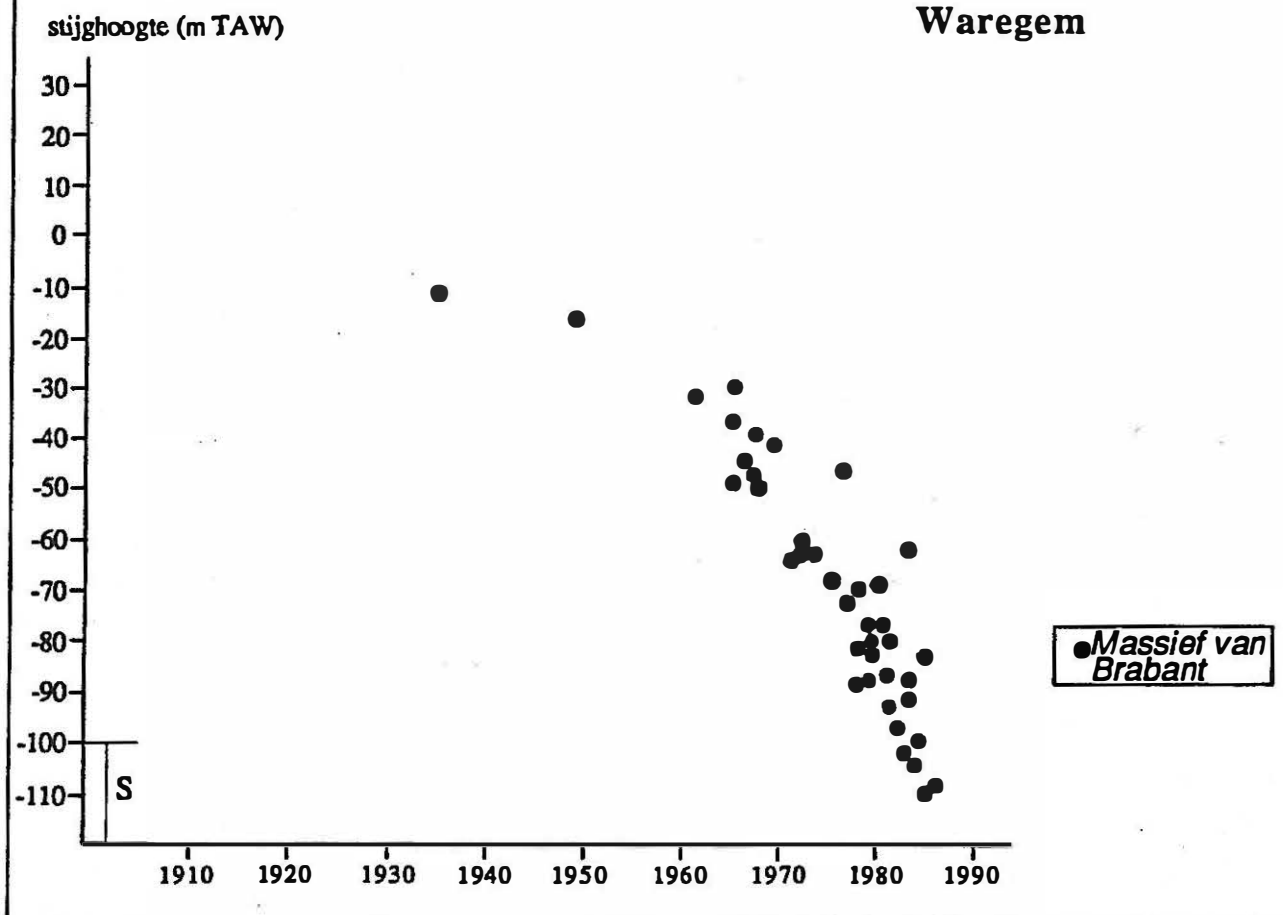


fig. 10.12. - Evolutie van de stijghoogten in het Massief van Brabant te Waregem (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(S=diepte waarop de top van het Massief van Brabant voorkomt)

Voor Aalst en omgeving is de stijghoogtedaling aanzienlijk : van ca. - 30 tijdens de jaren '60 naar - 100 en lager in 1986 (fig. 10.9).

Het grondwaterpeil in de omgeving van Roeselare vertoont een gelijkaardig verloop (fig. 10.10) terwijl de peildaling te Oudenaarde en omgeving minder groot is (fig. 10.11). Sinds de jaren '60 is in de zone Waregem het peil gedaald tot nabij en onder de top van de watervoerende laag (fig. 10.8 en 10.12).

Algemeen kan worden gesteld dat vanaf 1965 de stijghoogte versneld daalt, behalve te Kortrijk en te Ronse waar de verlaging stagneert.

Bij de keuze van nieuwe peilputten voor het primair grondwatermeetnet is het aangewezen met hogervermelde waarnemingen rekening te houden.

Aan de hand van de gekende opgepompte debieten werd een mathematisch model opgebouwd (LEBBE et al., 1988), waarmee de natuurlijke grondwaterstroming (dit is zonder winningen) in het Massief van Brabant gesimuleerd werd (fig. 10.13).

Het grondwater stroomt vanuit het zuidoosten in noordelijke en westelijke richting. Het artesisch karakter van de watervoerende laag dat uit het model naar voren komt, wordt door de oude waarnemingen bevestigd.

10.1.3. Grondwaterwinningen

10.1.3.1. Inleiding

De vergunde debieten worden opgesplitst voor landbouw, industrie en drinkwatermaatschappijen ; voor het opgepompt debiet worden landbouw en industrie samen als nijverheid voorgesteld. In tabellen 10.1 en 10.2 worden de meest recente gegevens (1990) weergegeven in m³/jaar, dit zowel voor de opgepompte als voor de vergunde debieten. Gezien voor West-Vlaanderen de opgepompte hoeveelheden voor 1990 ontbreken, werden de waarden van 1989 overgenomen.

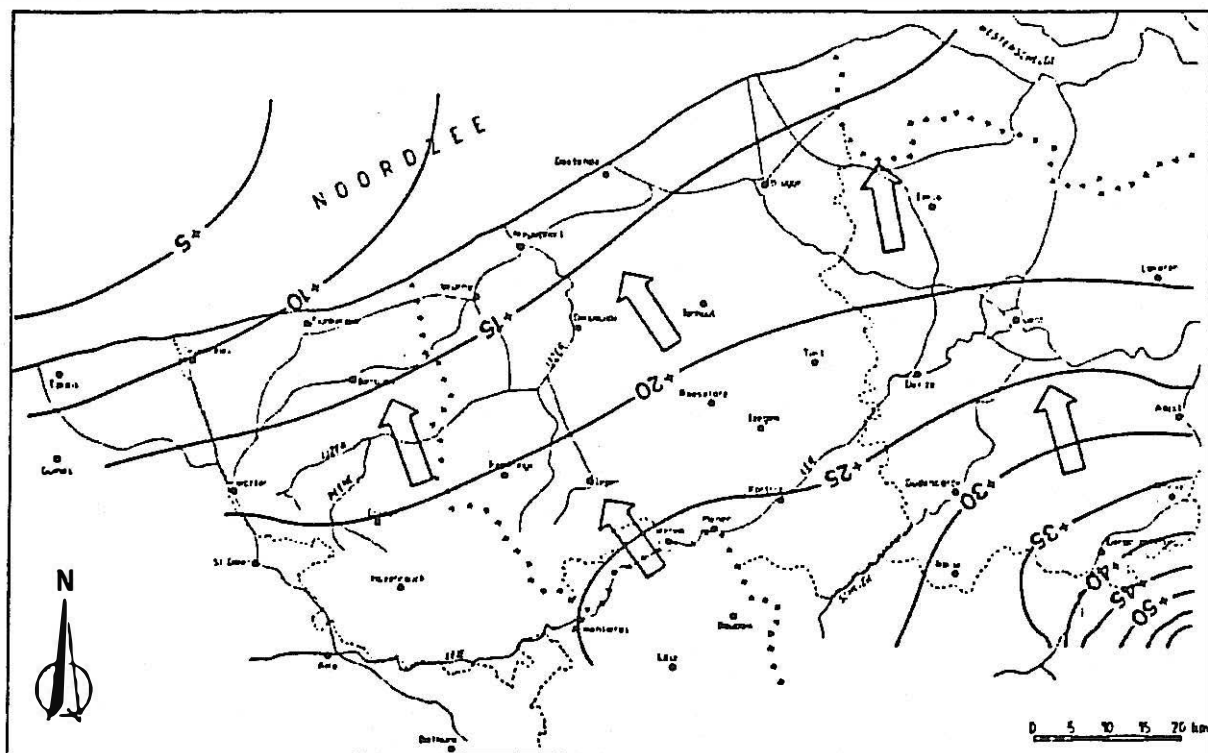


Fig.10.13. - Berekende stijghoogten in het Massief van Brabant in natuurlijke toestand (in m TAW) (LEBBE et al., 1988)

Tabel 10.1. - Massief van Brabant, Oost- en West-Vlaanderen,
opgepompte debieten 1990 (in m³/jaar).

	NIJVERHEID (Aantal instal- laties)	DRINKWATER (Aantal instal- laties)
Oost-Vlaanderen	2 082 787 (49)	309 905 (1)
West-Vlaanderen ⁵	3 503 980 (80)	0 (0)
TOTAAL	5 586 767 (129)	309 905 (1)

Tabel 10.2. - Massief van Brabant, Oost- en West-Vlaanderen,
vergund debiet 1990 (in m³/jaar).

	LANDBOUW	INDUSTRIE	DRINKWATER
Oost-Vlaanderen	5 475	3 519 833	456 000
West-Vlaanderen	8 100	15 428 405	0
TOTAAL	13 575	18 948 238	456 000

⁵ Gegevens van 1989

10.1.3.2. Evolutie

Voor de periode 1987 tot 1990 werden de opgepompte en de vergunde debieten per provincie naast elkaar uitgezet en vergeleken (tab. 10.3, 10.4 en 10.5).

Tabel 10.3. - Massief van Brabant, overzicht debieten Oost-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	1 792 711	377 372	2 170 083	5 475	4 274 996	456 000	4 736 471
1988	2 342 142	390 091	2 732 233	5 475	4 274 996	456 000	4 736 471
1989	1 890 884	375 347	2 266 231	5 475	3 798 933	456 000	4 260 408
1990	2 082 787	309 905	2 392 692	5 475	3 519 833	456 000	3 981 308

Tabel 10.4. - Massief van Brabant, overzicht debieten West-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	2 586 600	0	2 586 600	8 100	16 147 605	0	16 155 705
1988	1 546 168	0	1 546 168	8 100	15 897 605	0	15 905 705
1989	3 503 980	0	2 503 980	8 100	15 549 605	0	15 557 705
1990	3 503 980 ⁶	0	2 503 980 ⁶	8 100	15 428 405	0	15 436 505

⁶ Gegevens van 1989.

Tabel 10.5. - Massief van Brabant, overzicht debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	4 379 311	377 372	4 756 683	13 575	20 422 601	456 000	20 892 176
1988	3 888 310	390 091	4 278 401	13 575	20 172 601	456 000	20 642 176
1989	5 394 864	375 347	5 770 211	13 575	19 348 538	456 000	19 818 113
1990	5 586 767	309 905	5 896 672	13 575	18 948 238	456 000	19 417 813

Voor de nijverheid is er een groot verschil waar te nemen tussen opgepompte en vergunde debieten ; dit vooral in de provincie West-Vlaanderen. De opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar waarbij geen bepaalde evolutie valt waar te nemen. Voor het totale vergunde debiet ziet men op vier jaar tijd een afname van ongeveer 1,5 miljoen m³/jaar, evenredig verdeeld over beide provincies.

De debietgegevens van de inventarisatiestudie GOM WEST-VLAANDEREN, 1987 die bijna volledig Oost- en West-Vlaanderen omvat, geven een geschat onttrokken debiet van ongeveer 10 miljoen m³ uit het Massief van Brabant (Sokkel en Krijt). Uit de studie LEBBE et al., 1988 blijkt dat het aan de hand van een mathematisch model berekend onttrokken debiet 18 % hoger ligt. Dit komt neer op ongeveer 12 miljoen m³ die tijdens 1986 aan de watervoerende laag werd onttrokken. Het totaal vergund debiet voor 1986 was 20,9 miljoen m³.

Volgens de AMINAL-gegevens van 1987 bedraagt het opgepompt debiet 4,8 miljoen m³ en het vergunde debiet 20,9 miljoen m³.

10.1.4. Grondwaterkwaliteit

10.1.4.1. Inleiding

Het grondwater van het Massief van Brabant is wegens zijn goede kwaliteit belangrijk voor de industrie, in het bijzonder voor de textiel- en voedingsindustrie.

In WALRAEVENS et al., 1989 wordt de hydrochemie van het Massief van Brabant uitvoerig bestudeerd en worden de watertypes bepaald volgens de classificatie van STUYFZAND (1986).

Naar analogie met voorgaande studies (WALRAEVENS, 1987 en WALRAEVENS et al., 1988) wordt verondersteld dat de kwaliteitsverdeling bepaald wordt door het stromingspatroon in de natuurlijke toestand.

De kwaliteit van het grondwater is het resultaat van een vermenging van fossiel zeewater met in het voedingsgebied (fig. 10.14) infiltrerend zoet water en is gekoppeld aan een kationenuitwisseling van het infiltrerend water met de aanwezige kleilagen in de ondergrond (voornamelijk Ieperiaan-klei).

De sterkste mariene invloed doet zich gelden in het noorden met het B*-NaCl+- watertype.

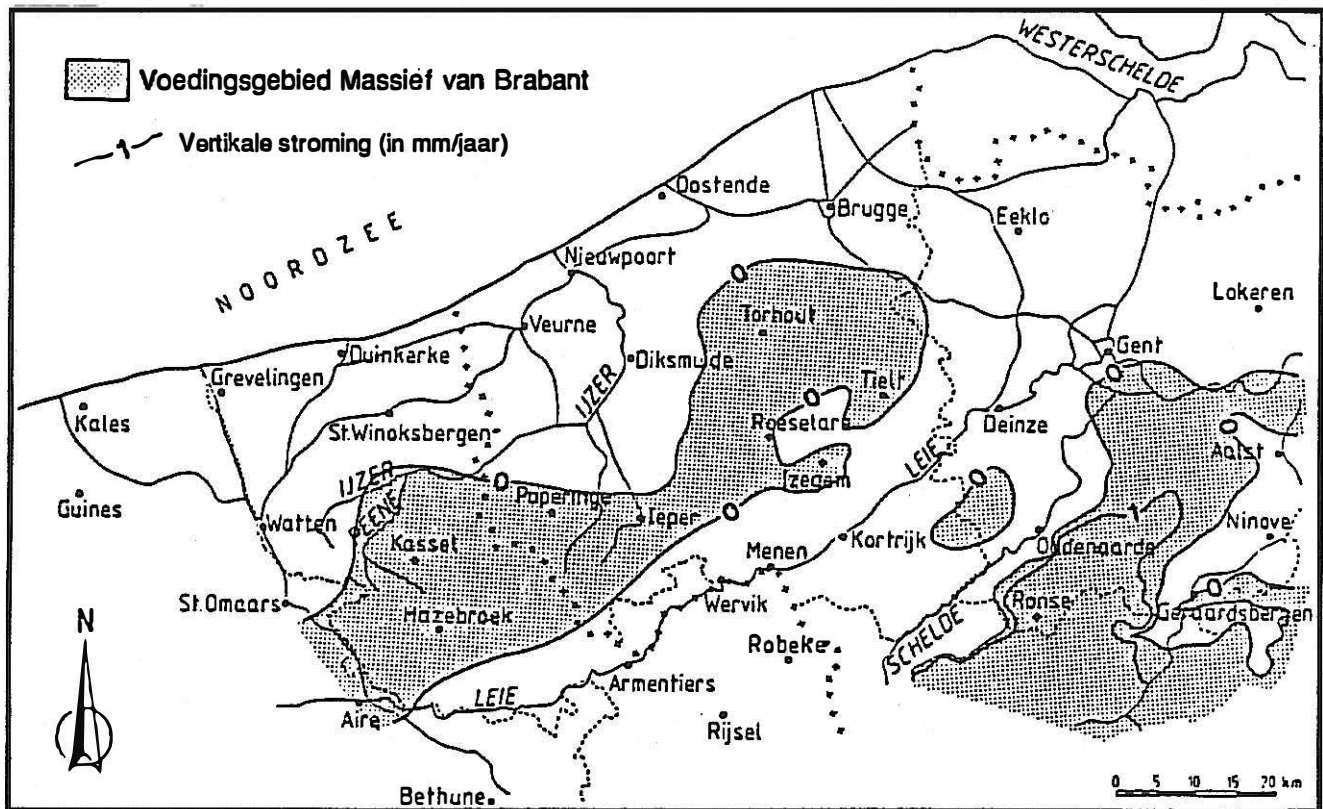
Nadien ondergaat het infiltrerend water een belangrijke kationenuitwisseling waardoor het NaHCO₃- watertype ontstaat wat ten zuiden van het NaCl-water voorkomt.

In de overgangszone tussen beide watertypes komt Na-Mix water voor.

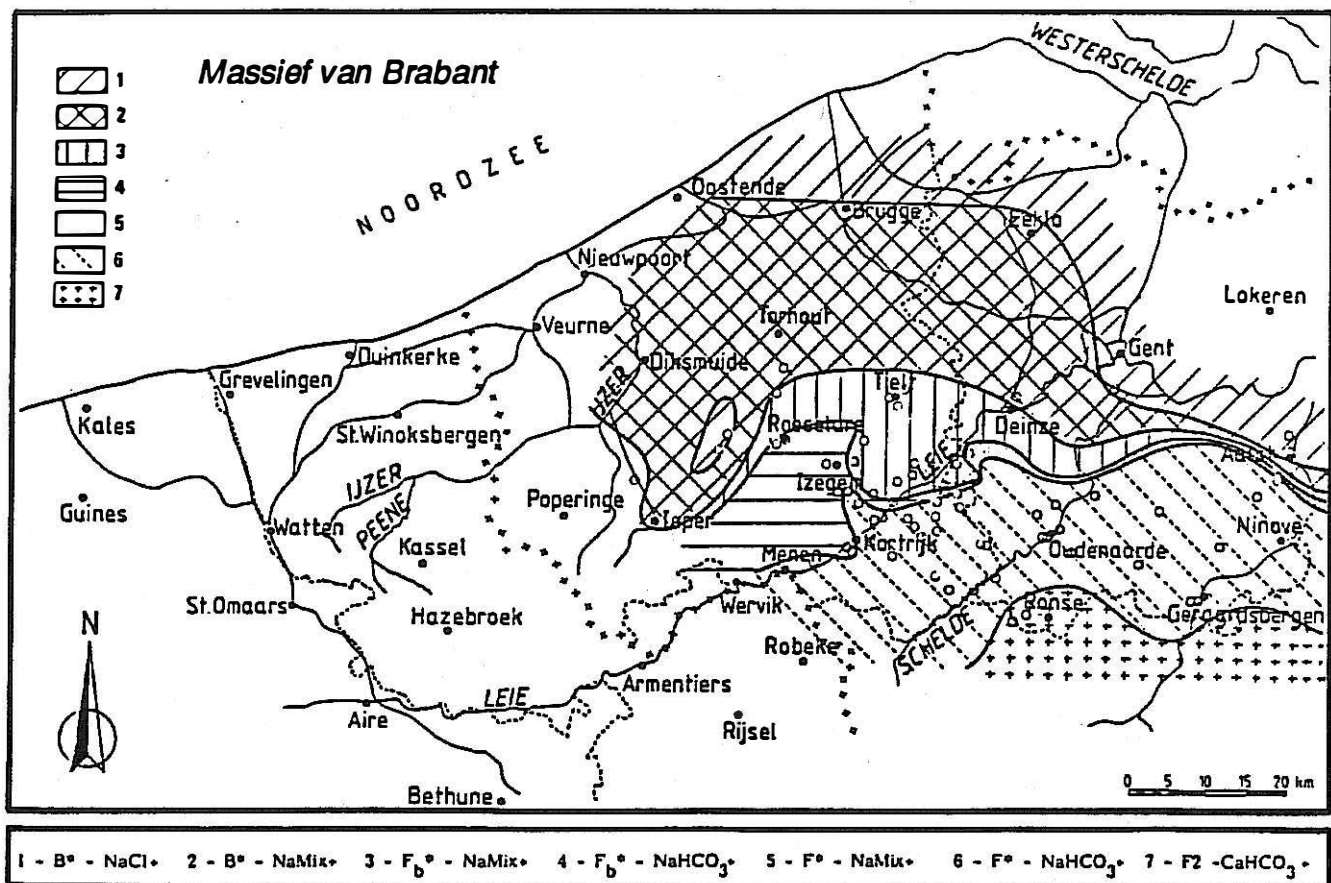
Als tenslotte het kationenuitwisselingsproces in activiteit vermindert wordt het CaHCO₃-watertype gevormd.

Ten westen van Roeselare wordt een geïsoleerde lens van B*-NaCl water teruggevonden (WALRAEVENS et al., 1989).

De verspreiding van de verschillende watertypes wordt in fig. 10.15 weergegeven.



g.10.14. - Vertikale stroming tussen Massief van Brabant en Landenaan, berekend met mathematisch model (LEBBE et al., 1987) (WALRAEVENS et al., 1989)



g.10.15. - Voorkomen van grondwatertypes in het Massief van Brabant (klassificatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS et al., 1989)

10.1.4.2. Evolutie

De grondwaterkwaliteit wordt hoofdzakelijk bepaald door de grondwaterstroming in natuurlijke toestand, dus door het dik pakket Ieperiaanklei in de hogergelegen zones. De Zuidvlaamse heuvelrij speelt hierin een belangrijke rol (WALRAEVENS et al., 1989) (fig. 10.14). De verspreiding van de verschillende grondwatertypes is hoofdzakelijk het gevolg van een verdringen van het aanwezige grondwater in noordwestelijke richting door jonger in het voedingsgebied geïnfiltreerd water.

In en vlakbij de voedingsgebieden van Ronse en Geraardsbergen is het grondwater zoet en hard met sporen van kationuitwisseling, namelijk het CaHCO_3 -watertype.

In de toekomst zal dit type water zich verder in noordwestelijke richting uitbreiden en de zachtere, door kationenuitwisseling ontstane waters naar de diepere delen van de watervoerende laag verdrijven.

De Ieperiaanklei met een maximale dikte van meer dan 100 m en zijn grote weerstand (ca. 1 000 d) zorgt ervoor dat nog steeds de natuurlijke stromingen de regionale grondwaterkwaliteit bepalen. Eventueel kunnen lokale kwaliteitsveranderingen optreden als een gevolg van de overexploitatie van de watervoerende laag.

10.1.5. Bedreigingen en toekomstverkenning

10.1.5.1. Grondwaterpeilen

Uit de vergelijking van de peilen van 1986 met deze van 1988 is er een algemene verlaging van 1 tot 3 m waar te nemen. Op sommige plaatsen werden nog grotere verschillen genoteerd maar het globaal stijghoogte-patroon blijft hetzelfde.

De peilgegevens van de AMINAL van 1992 en 1993 komen langs de rand van de hoofdafpompingsstrecther vrij goed overeen met de gegevens van 1988, maar in de trechterkern zijn twee metingen uitgevoerd die ongeveer 40 m lager liggen dan op de stijghoog-

tekaart van 1988 is aangegeven. Dit laatste wijst op een verdere verdieping van de afpompingsstrecter als gevolg van overexploitatie van het watervoerend systeem. Deze overexploitatie vormt dan ook de grootste bedreiging.

De summiere gegevens van 1992 en 1993 laten niet toe een stijghoogtekaart van het grondwater in het Massief van Brabant te tekenen.

Figuren 10.16 tot en met 10.21 geven het stijghoogteverloop weer van enkele AMINAL-peilputten in Oost- en West-Vlaanderen.

De plaatsen waar grote wijzigingen van stijghoogten op korte termijn voorkomen verdienen extra aandacht.

Het aantal peilputten dient opgevoerd te worden om tot een duidelijk beeld van de situatie te komen. Naast het boren van nieuwe putten kunnen ook nog bestaande maar verwaarloosde putten in gebruik worden genomen. Bij de keuze van nieuwe peilputten voor het primair grondwatermeetnet dient met de reeds opgedane kennis rekening te worden gehouden.

10.1.5.2. Opgepompte debieten

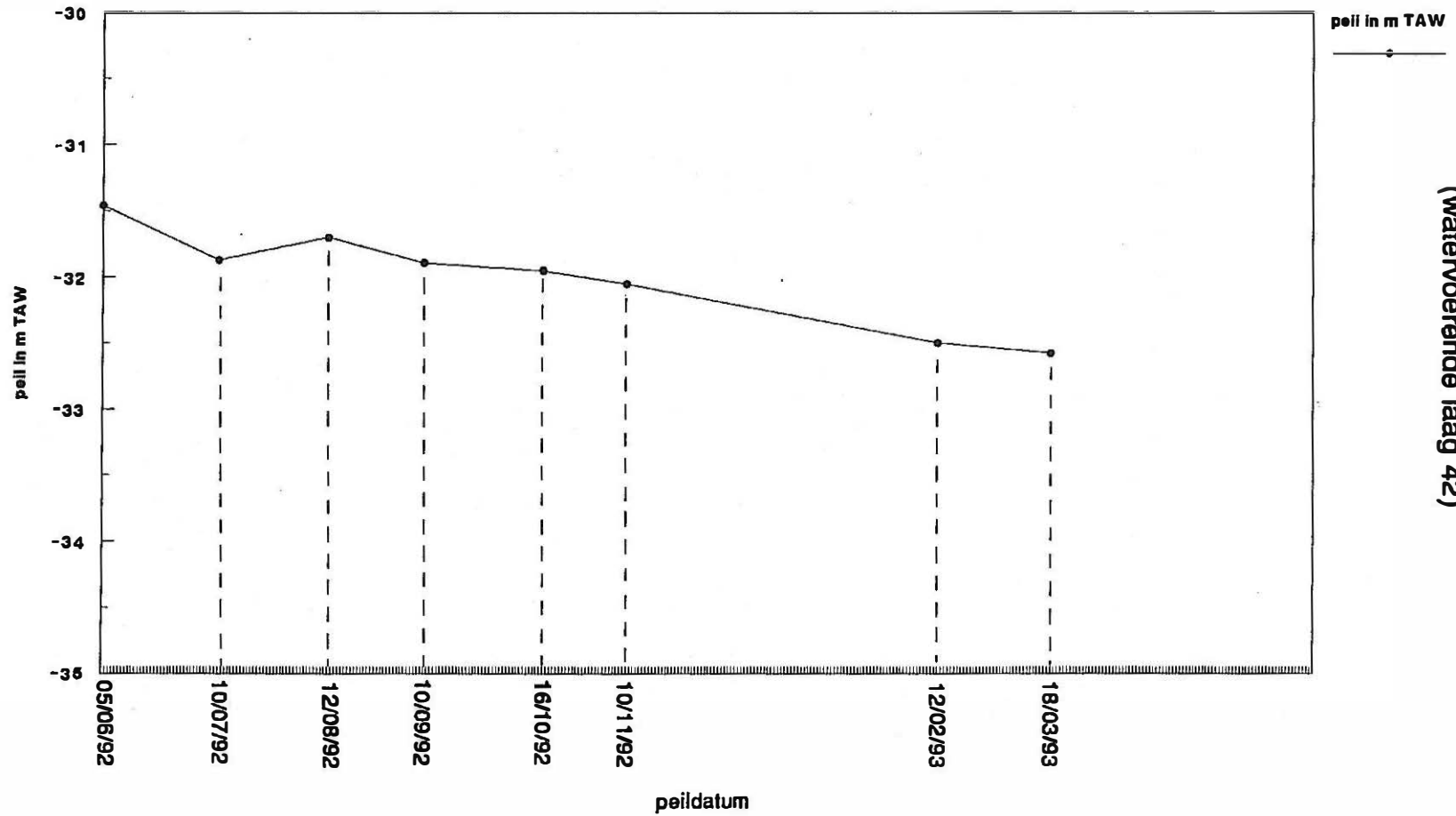
De opgepompte debieten voor de nijverheid schommelen sterk van jaar tot jaar, vooral in West-Vlaanderen (2,5 miljoen m³ in 1987, 1,5 miljoen m³ in 1988 en 3,5 miljoen m³ in 1989). Er dient echter op gewezen dat het aantal bedrijven dat hun opgepompte debieten opgeeft aan de AMINAL sterk varieert en dat dit gedeeltelijk de fluctuaties kan verklaren.

De voorgestelde gegevens dienen dan ook met de nodige omzichtigheid te worden geïnterpreteerd.

Een kleine daling van het totaal vergund debiet is merkbaar, zowel in totaliteit als voor elke provincie afzonderlijk.

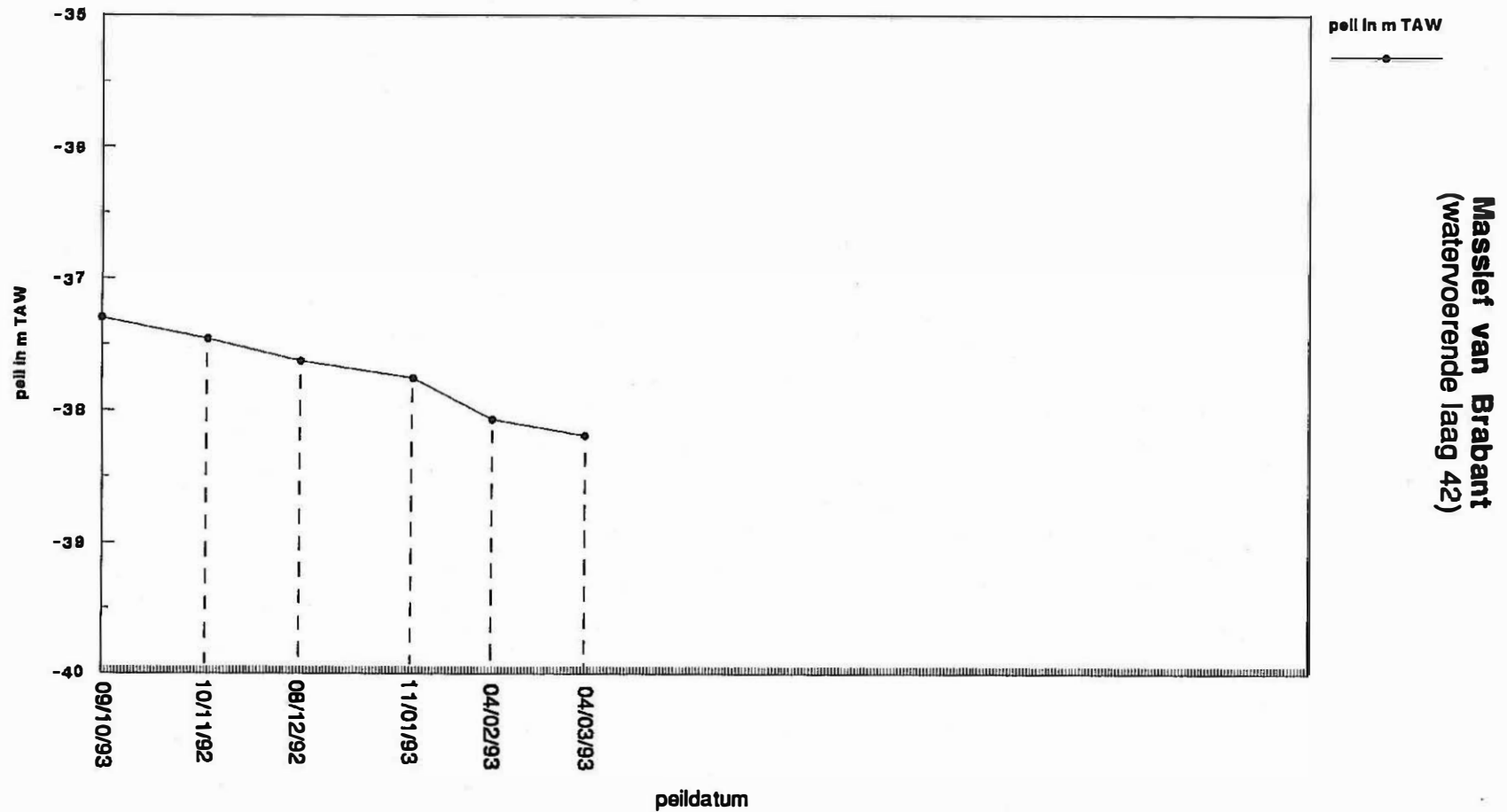
Uit het verschil tussen het onttrokken debiet van 1986 (GOM WEST-VLAANDEREN, 1987) namelijk ca. 10 miljoen m³ en het totaal vergund debiet van 1986, namelijk ca. 20 miljoen m³, blijkt dat in 1986 ongeveer 50 % van het vergunde debiet is onttrokken.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
NAZARETH 22.5 401



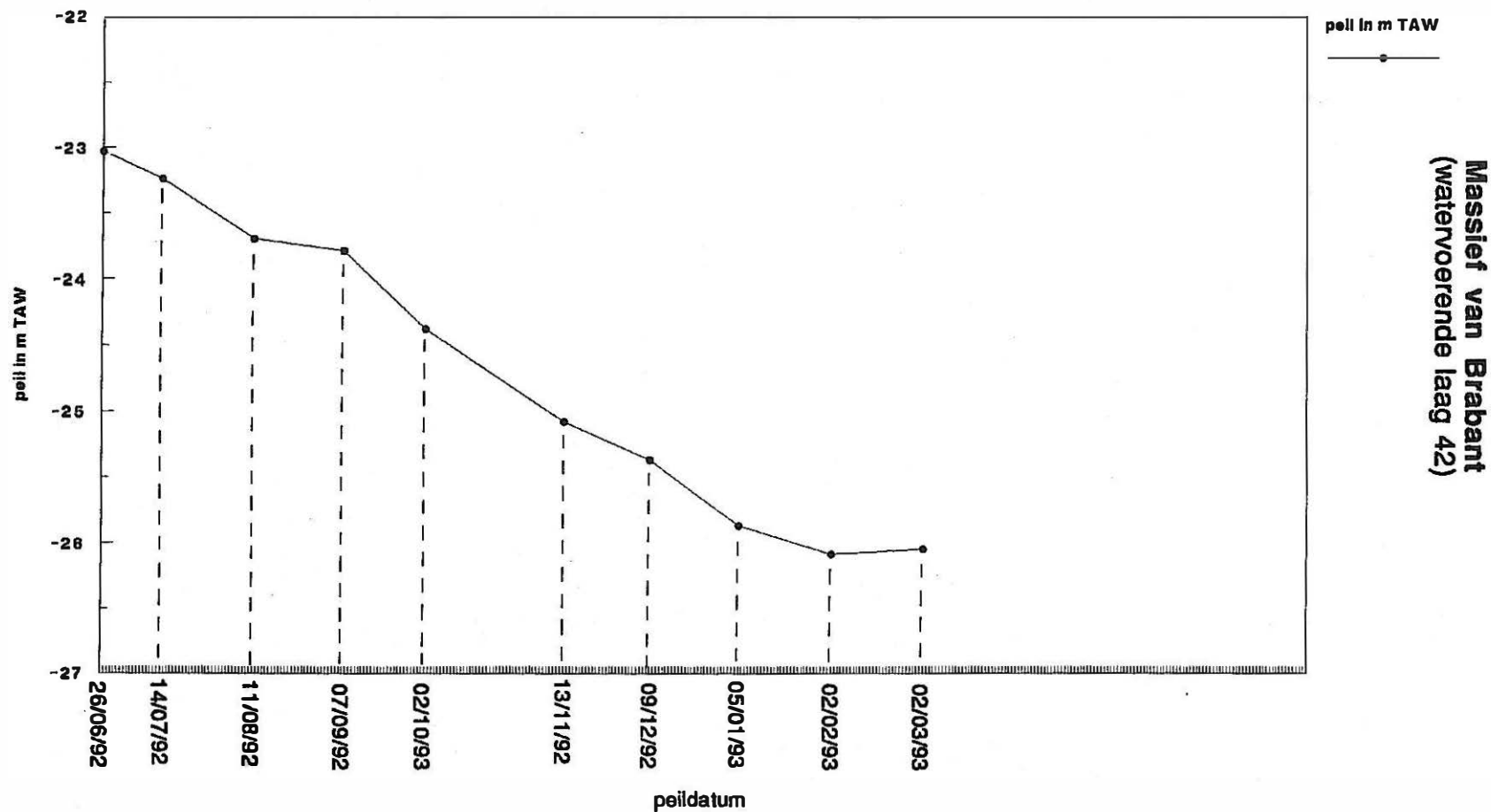
Figuur 10.16. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Nazareth.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
SINT-LIEVENS-HOUTEM 22.7 801



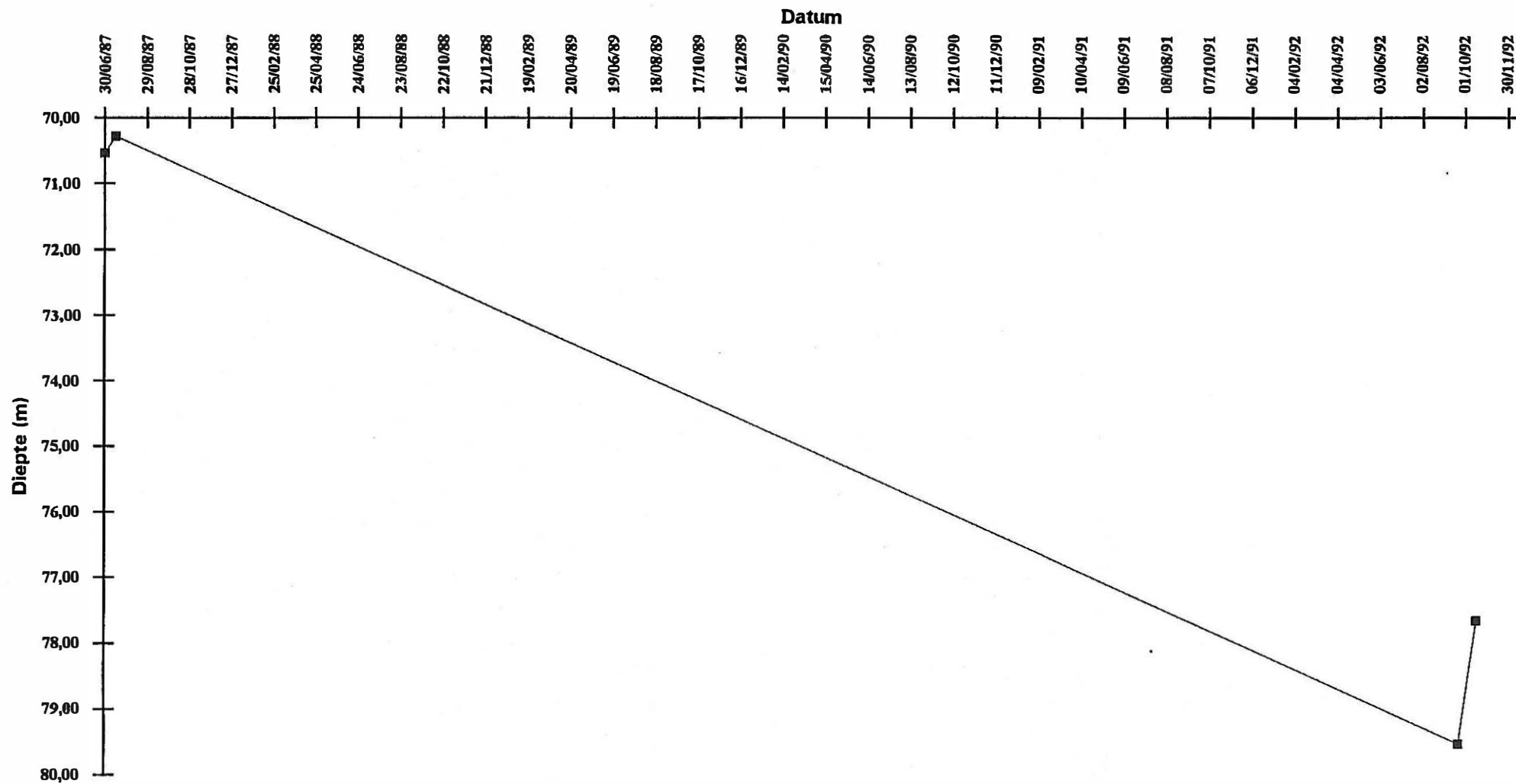
Figuur 10.17. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te St.-Lieveens-Houtem.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
DENDERMONDE 23.1 702



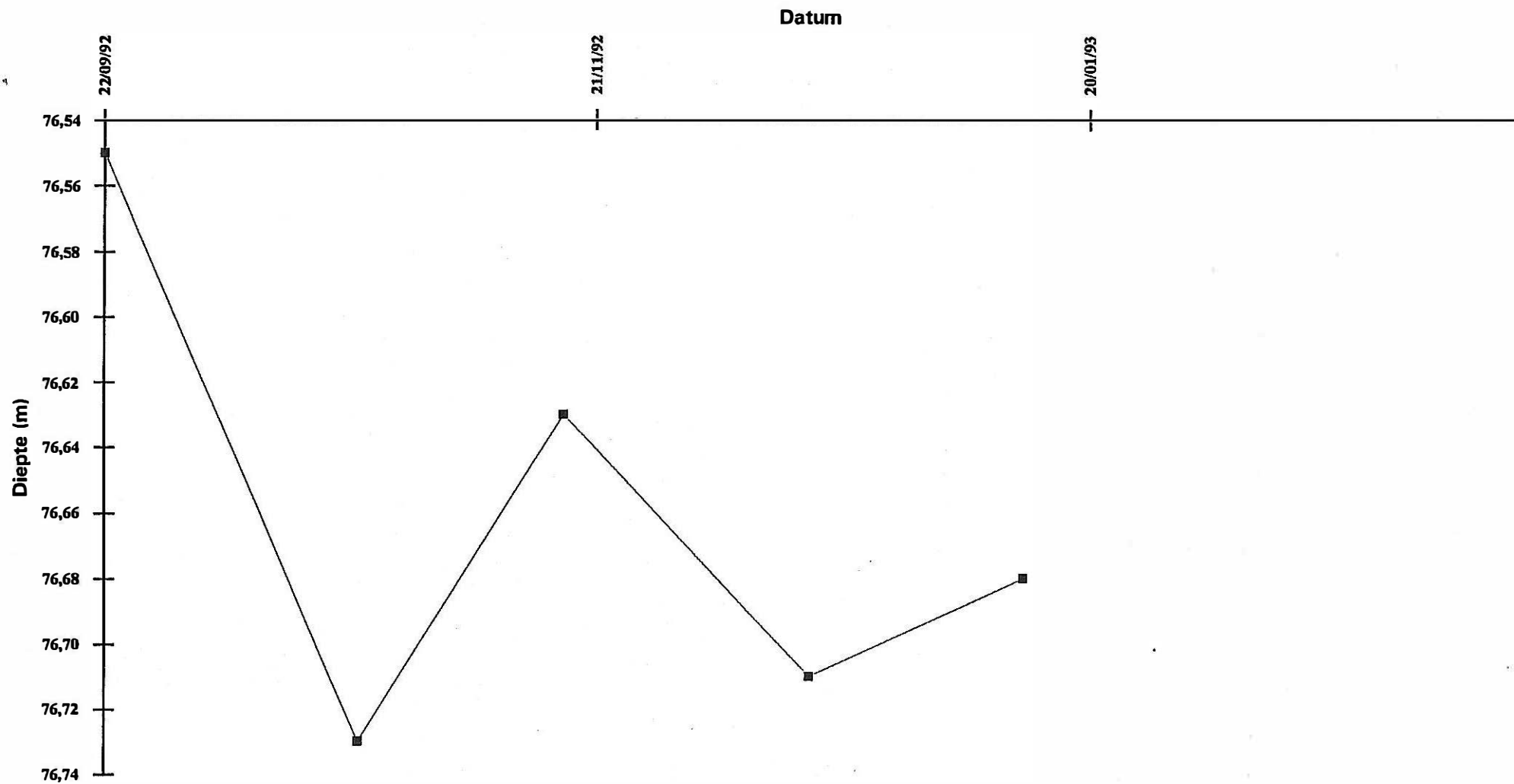
Figuur 10.18. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Dendermonde.

8940 WERVIK



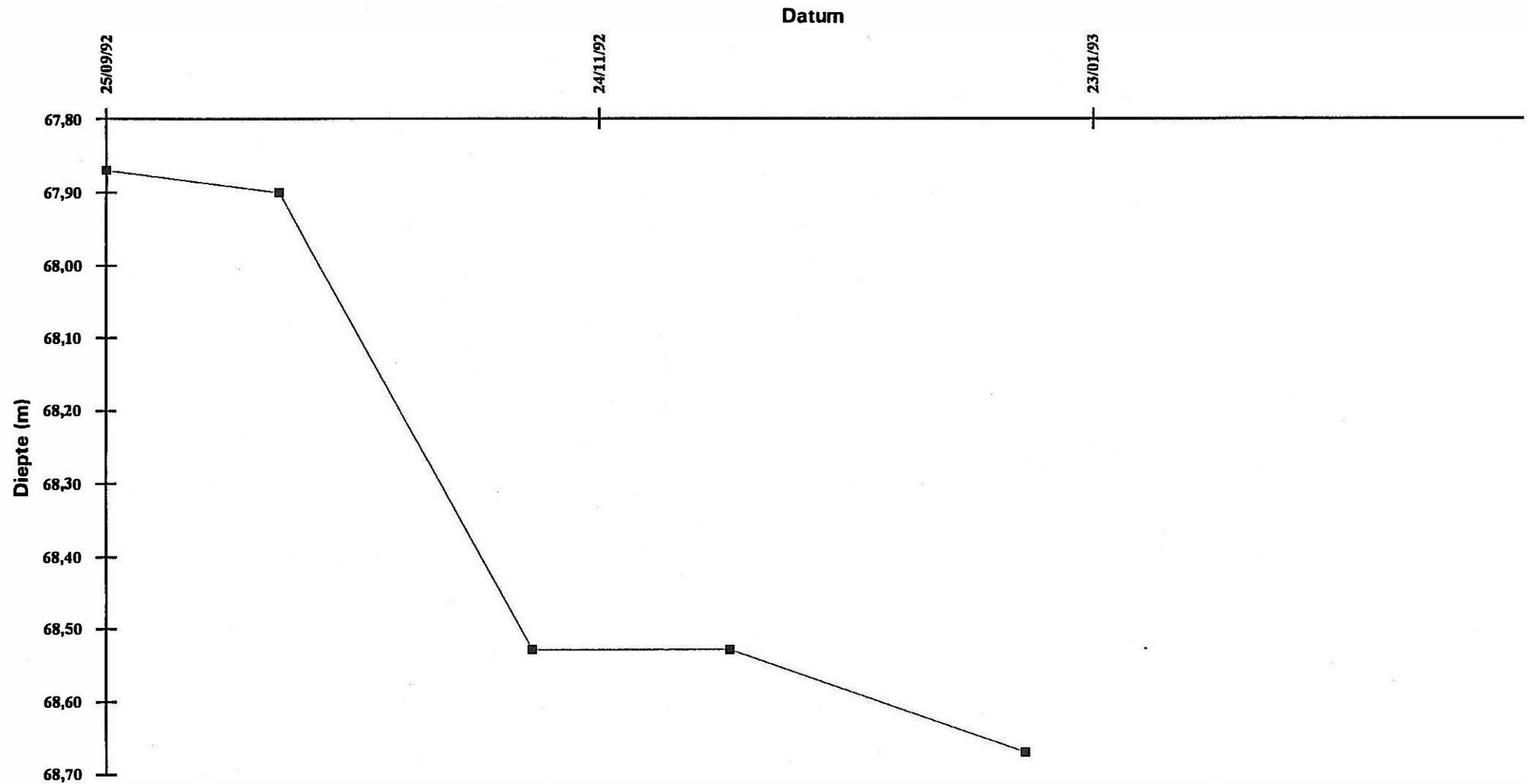
Figuur 10.19. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Wervik.

8980 ZONNEBEKE



Figuur 10.20. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Zonnebeke.

8820 TORHOUT



Figuur 10.21. Stijghoogteverloop in het Massief van Brabant te Torhout.

Volgens berekeningen met een mathematisch model zou het gewonnen debiet ongeveer 60 % van het vergunde debiet bedragen (LEBBE et al., 1988).

Volgens de waarden van de jaren 1987 tot 1990 zou het opgepompte debiet slechts 25 % van het vergunde debiet bedragen. Het is echter onwaarschijnlijk dat het onttrokken debiet van 1987 ten opzichte van 1986 bijna is gehalveerd.

Er is dus nood aan nauwkeuriger gegevens over de onttrokken debieten. Deze kunnen dan via mathematische modellering worden getoetst aan de waargenomen stijghoogten.

Zo kan een beter inzicht verkregen worden in de evolutie en wordt het maken van prognoses realistischer.

10.1.5.3. Grondwaterkwaliteit

De regionale grondwaterkwaliteit van het Massief van Brabant wordt bepaald door de natuurlijke grondwaterstromingen. Het meest recent in het voedingsgebied geïnfiltreerd water zal de oudere aanwezige watertypes in noordwestelijke richting verdringen.

Daar waar de grondwaterpeilen onder de top van de watervoerende laag dalen, kunnen, indien er langs de filteropeningen van de winningsputten lucht in het reservoirgesteente komt, oxidatieprocessen op gang komen die een toename van ionen veroorzaken. Deze ionentoe name kan de kwaliteit van het grondwater beïnvloeden.

10.1.6. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden volgende studies met betrekking tot de hydrogeologie van het Massief van Brabant uitgevoerd :

- Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder West- en Oost-Vlaanderen (1980). Deze studie omvatte een inventarisatie, stijghoogtewaarnemingen en een grondwaterbemonstering,

- Hydrogeologisch mathematisch model van de grondwaterlagen onder West-, Oost-, Zeeuws- en Frans-Vlaanderen (1987),
- Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landeniaan onder het oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het westelijk gedeelte van Vlaams-Brabant (1988). Deze studie omvatte een inventarisatie van bestaande gegevens, peilmetingen en een hydrochemische studie.

10.2. HET LANDENIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN

10.2.1. Geologie en hydrogeologie

Het Landeniaan vormt de oudste tertiaire afzetting waarvan het bovenste watervoerende gedeelte uit zand bestaat en het onderste voornamelijk uit klei is opgebouwd en slecht doorlatend is.

De watervoerende laag wordt binnen het studiegebied steeds bedekt door de Ieperiaanklei ; enkel ten zuiden van de Frans-Belgische grens dagzoomt het Landeniaan (DE BREUCK et al., 1990).

Het Landeniaan ligt op ca. 50 m diepte in het zuiden en daalt naar het noorden tot op 300 m diepte.

In het zuiden vormt het Landeniaan de eerste belangrijke watervoerende laag. Vele bedrijven putten hieruit hun water hoewel de specifieke capaciteit meestal beperkt is tot 0,1 à 0,7 m³/h/m (DE BREUCK et al., 1990).

10.2.2. Waargenomen waterpeilen

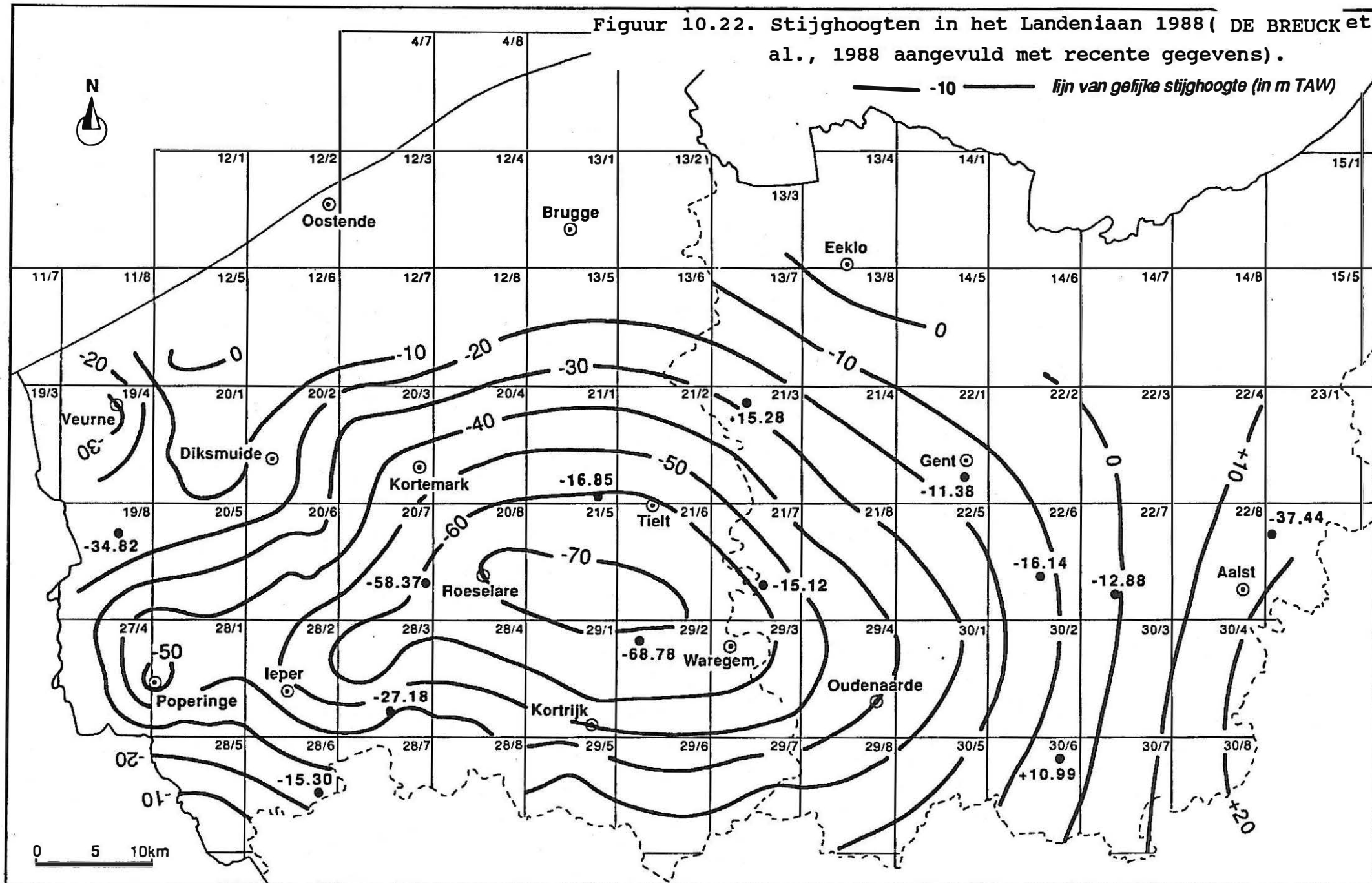
10.2.2.1. Inleiding

Naar analogie met het Massief van Brabant is de stijghoogtekaart van 1988 uit de recente hydrogeologische studie DE BREUCK et al., 1988 als basis gebruikt om het huidige beeld van de grondwaterpeilen te schetsen. De zeven peilgegevens van maart 1993 voor Oost-Vlaanderen en de zes peilgegevens van januari 1993 voor West-Vlaanderen van het primair meetnet van de AMINAL zijn eveneens aangeduid op de kaart om eventuele wijzigingen ten opzichte van de toestand in de zomer 1988 duidelijk te maken (zie fig. 10.22).

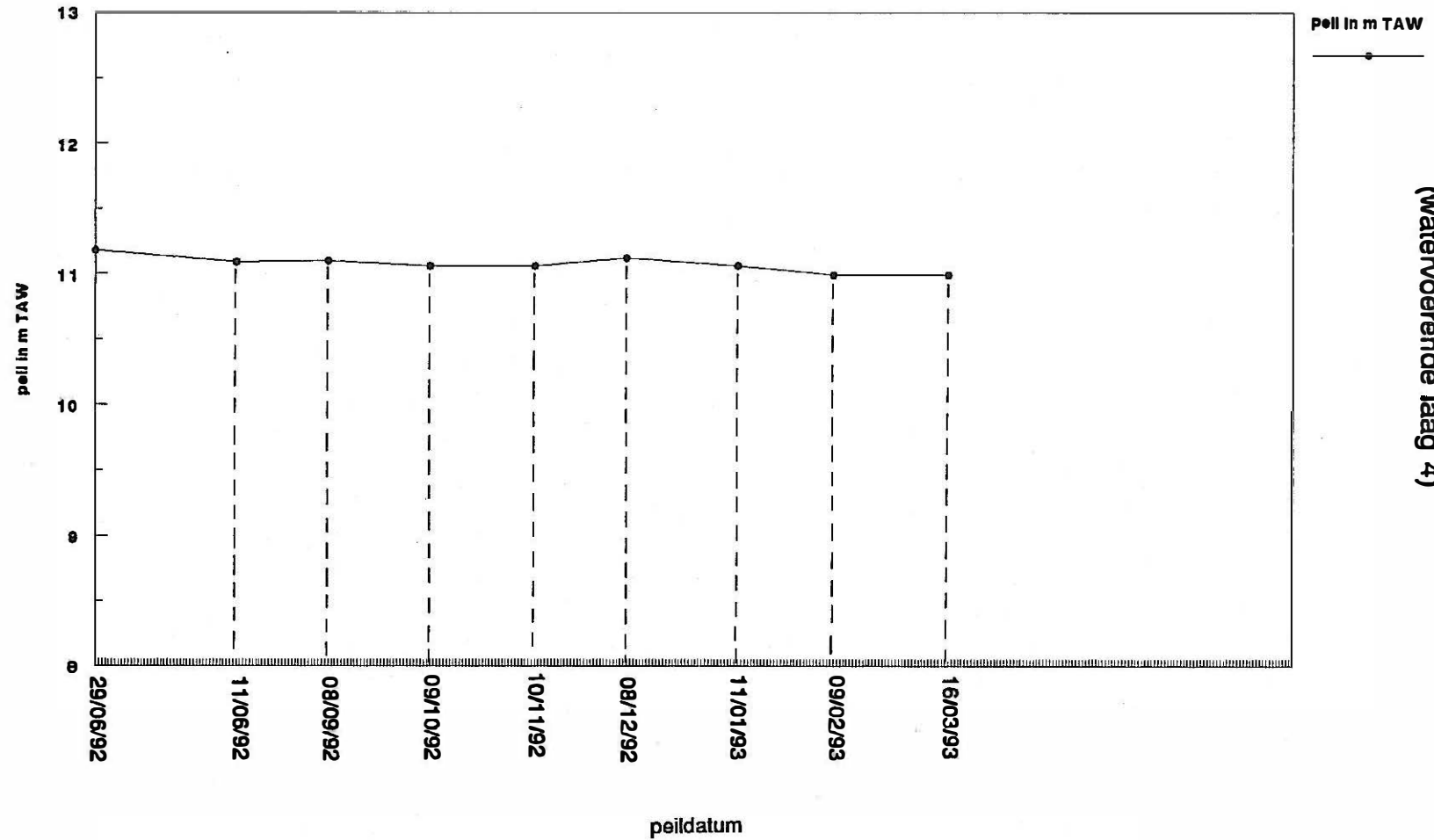
10.2.2.2. Evolutie

Het beperkt aantal waarnemingen die in het kader van het primair netwerk zijn gebeurd, laat enkel toe korte termijnveranderingen te herkennen. Figuren 10.23 tot en met 10.28

Figuur 10.22. Stijghoogten in het Landenlaan 1988 (DE BREUCK et al., 1988 aangevuld met recente gegevens).

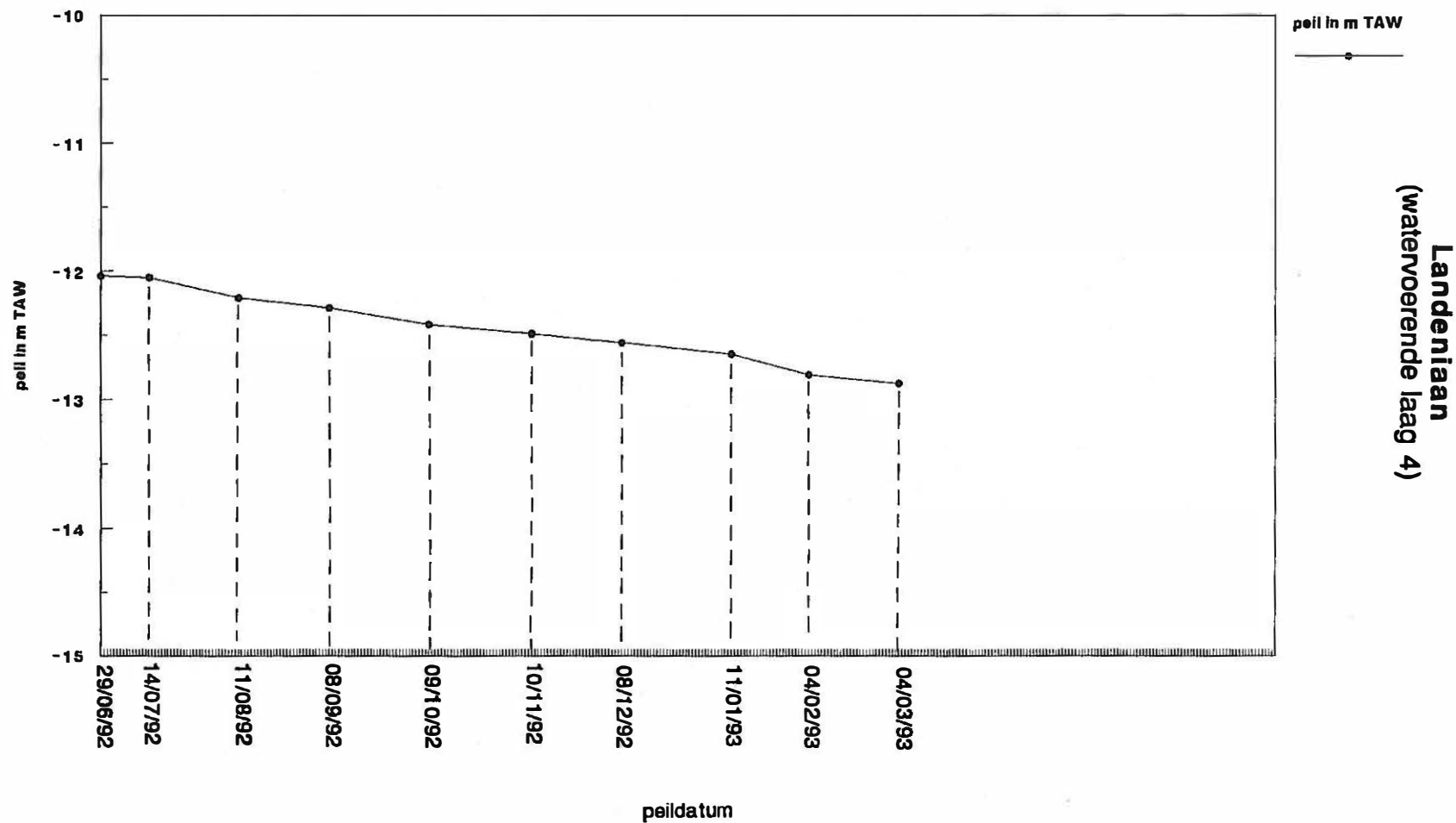


PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
LIERDE 30.6 301



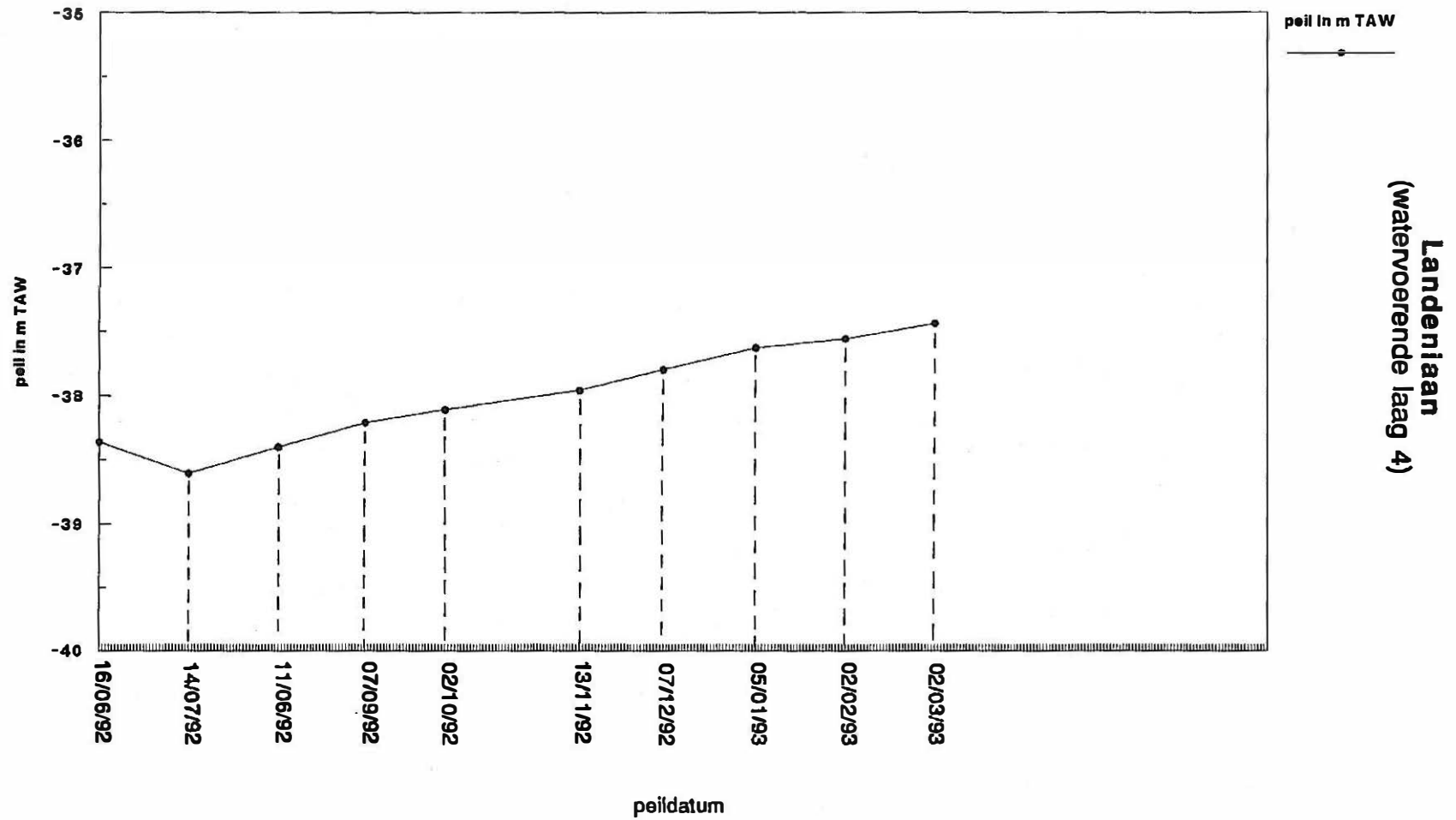
Figuur 10.23. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Lierde.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
SINT-LIEVENS-HOUTEM 22.7 802



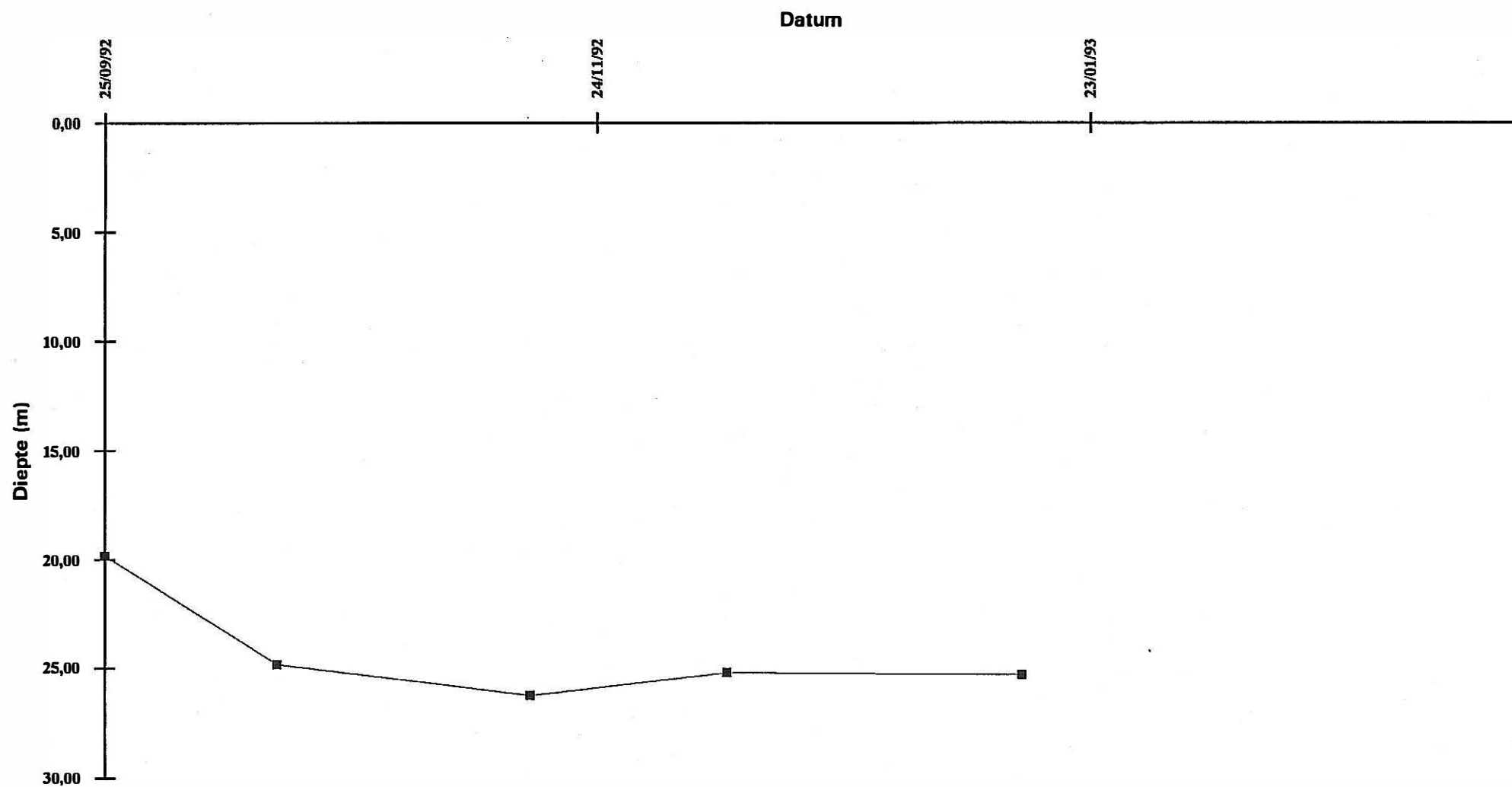
Figuur 10.24. Stijghoogteverloop in het Landenlaan te St.-
Lievens-Houtem.

PRIMAIR MEETNET
PEILMETINGEN OOST-VLAANDEREN
LEBBEKE 23.5 101



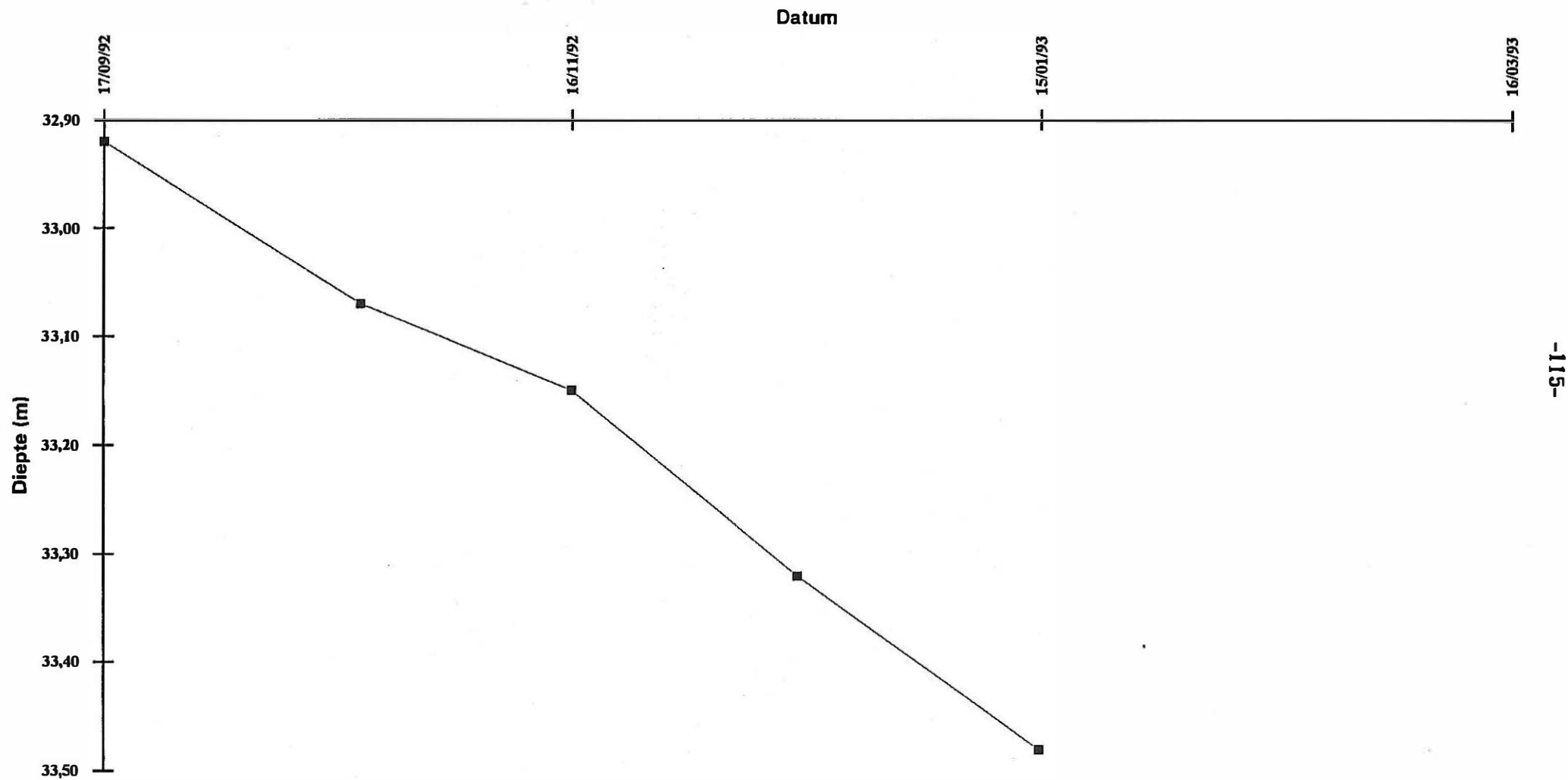
Figuur 10.25. Stijghoogteverloop in het Landeniaan te Lebbeke.

8820 TORHOUT



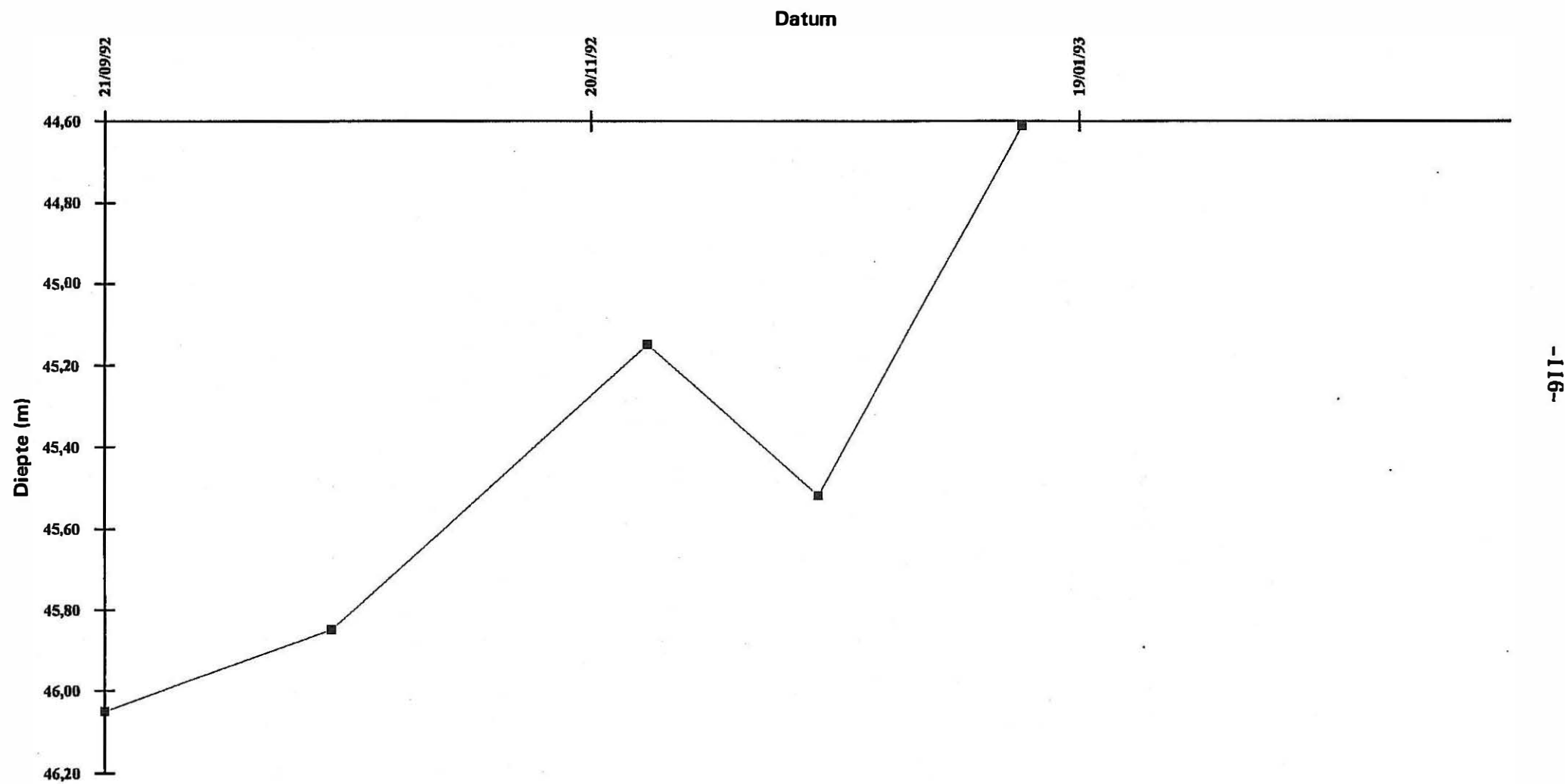
Figuur 10.26. Stijghoogteverloop in het Landenlaan te Torhout.

8800 ROESELARE



Figuur 10.27. Stijghoogteverloop in het Landenlaan te Roeselare.

8957 MESEN



Figuur 10.28. Stijghoogteverloop in het Landenlaan te Mesen.

geven de recente stijghoogte-evolutie weer voor drie plaatsen in respectievelijk Oost- en West-Vlaanderen.

Voor het Landeniaan kan de studie van DE CEUKELAIRE et al., 1992 als basis dienen voor een globale evolutie van de stijghoogten.

Voor enkele steden zijn er peilmetingen voorhanden die verteruggaan in de tijd en die in tijd-stijghoogtegrafieken zijn verwerkt :

Te Kortrijk daalde het grondwaterpeil van + 10 in de jaren 1920 naar - 10 in de jaren 1930 ; deze dalende trend zet zich voort tot 1960. Vanaf 1960 is verder geen belangrijke verlaging van de stijghoogten waar te nemen. De toestand is er stabiel geworden (fig. 10.29).

De verlaging in Waregem is constant in de tijd, het peil daalt van ca. 0 in juni 1930 tot - 70 in 1986 (fig.10.30).

De stijghoogtekaarten van het Landeniaan geven volgende evolutie weer (fig. 10.31 tot en met 10.37) :

In 1920 schommelen de meeste peilen tussen + 10 en + 20. Dit benadert de natuurlijke situatie zonder winningen. Vanaf 1930 ontstaat in de buurt van Kortrijk een afpompingsstrecther. In 1950 heeft het zwaartepunt van de trechter zich verplaatst naar het noorden toe. Tien jaar later (1960) is de afpompingsstrecther niet verdiept maar wel opmerkelijk breder geworden.

In 1970 is de trechter dieper en groter geworden vergeleken met 1960 en zijn er kleine afpompingsstrecthers bijgekomen rond Veurne, Diksmuide en langs de Frans-Belgische grens. Nadien is er een verder daling van de hoofdafpompingsstrecther te merken. In 1986 bereikt de kern ervan een peil van - 70 tussen Roeselare en Waregem en daalt het peil te Poperinge tot ca. - 50. De kern van de afpompingsstrecther te Veurne is verlaagd tot ca. - 30.

Vanaf 1960 versnelt algemeen de stijghoogtedaling maar neemt de invloed van de daling te Kortrijk af, net zoals in het Massief van Brabant.

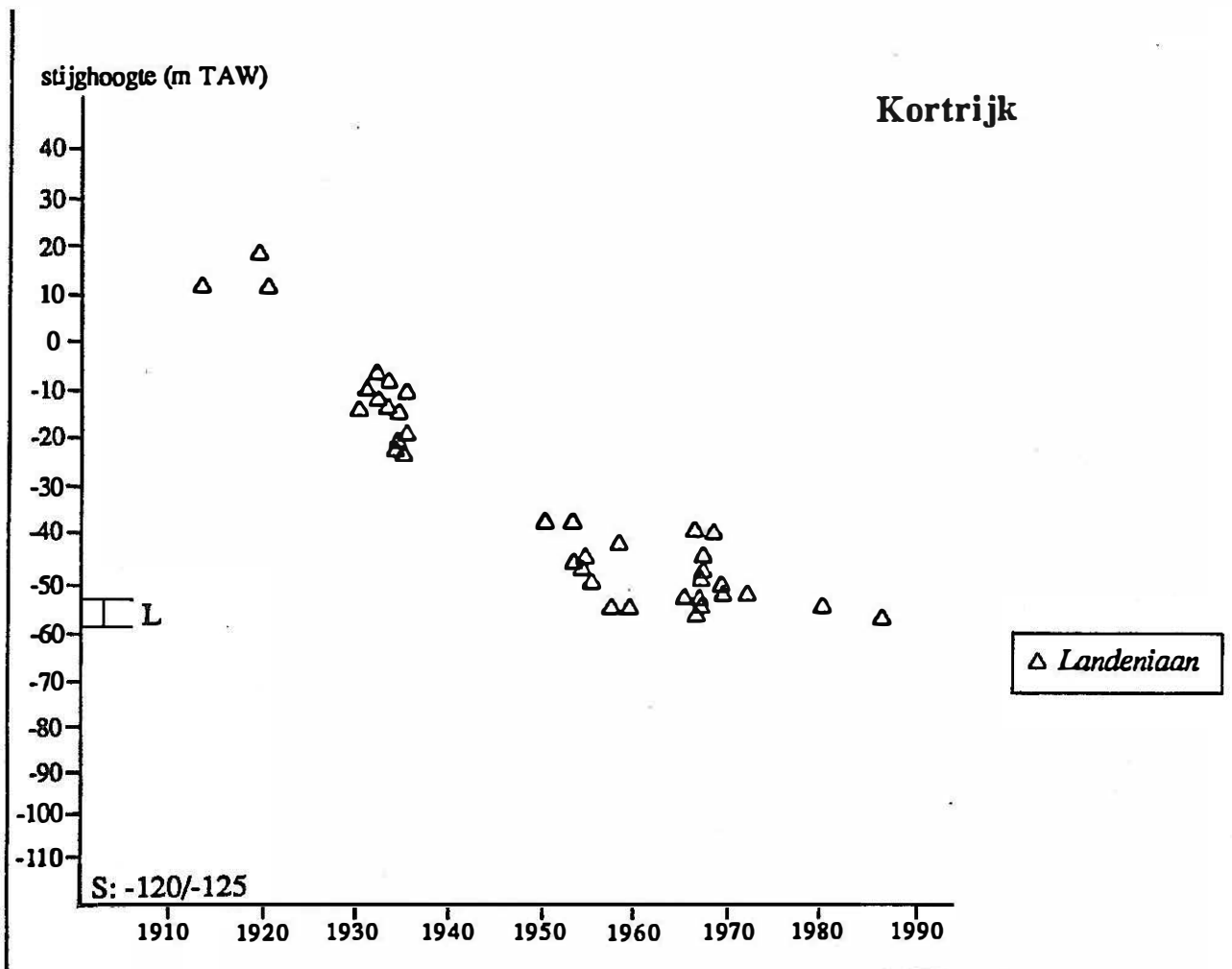


fig. 10.29. - Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Kortrijk (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(L=diepte waarop de top van het Landeniaan voorkomt)

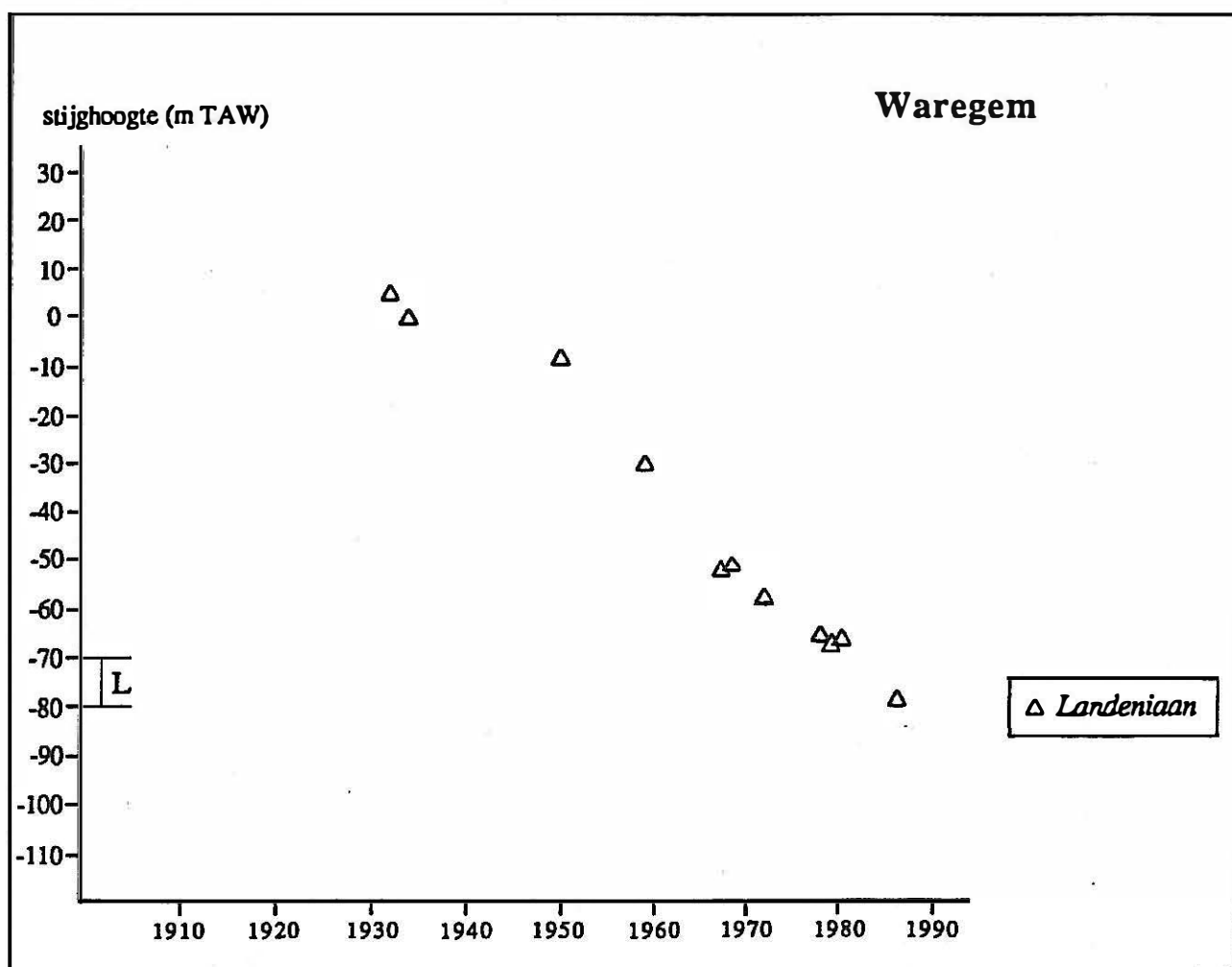
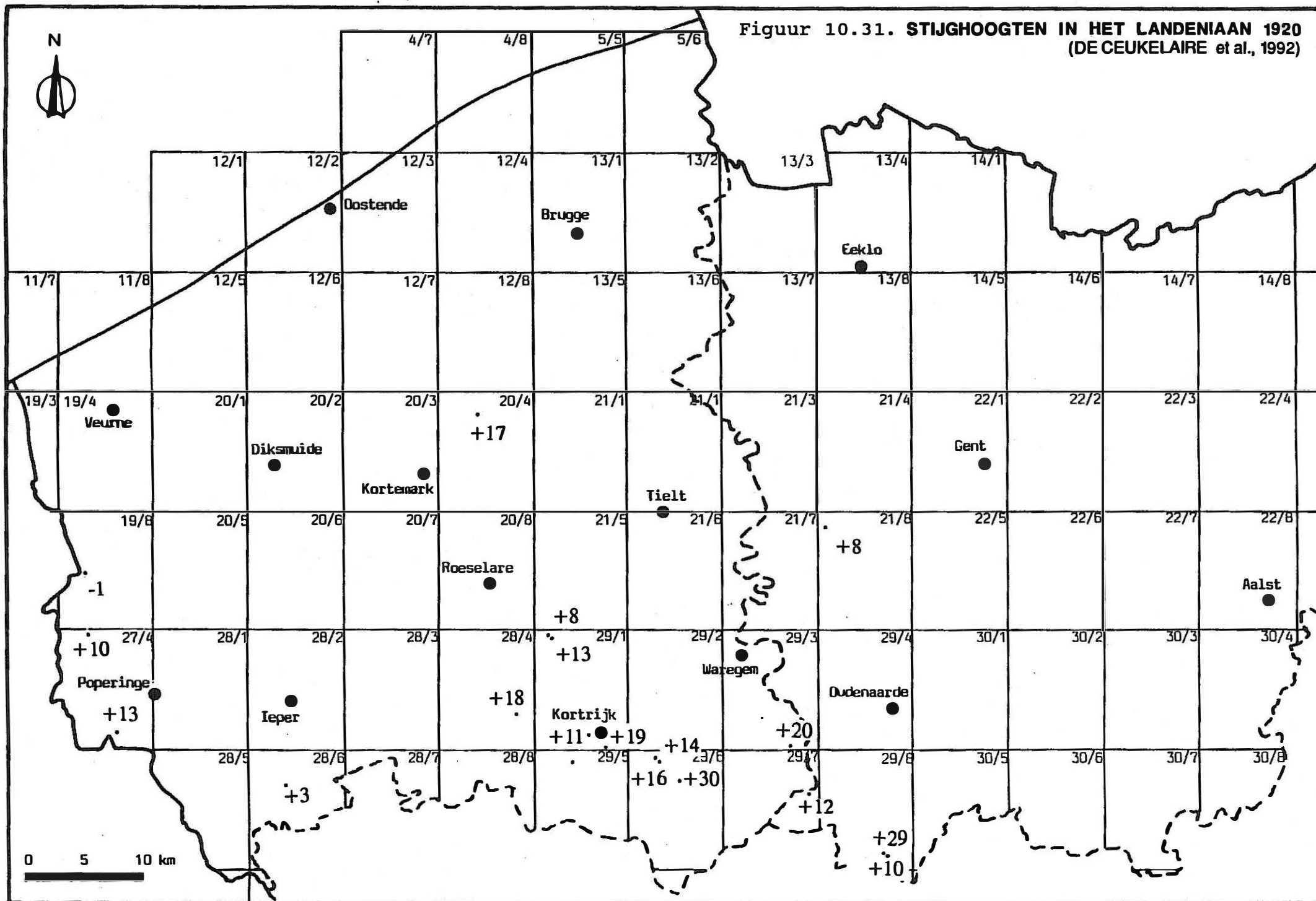
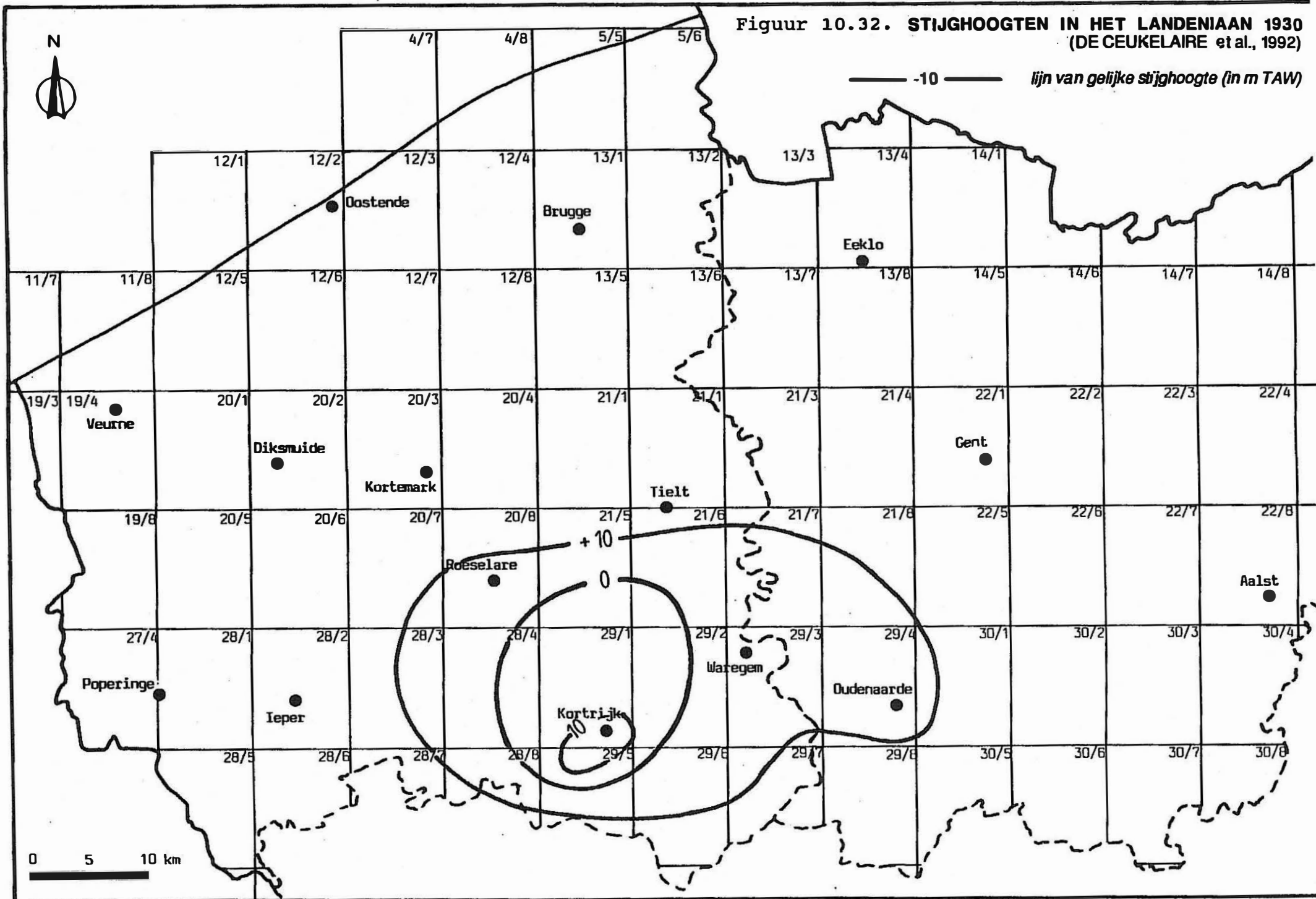
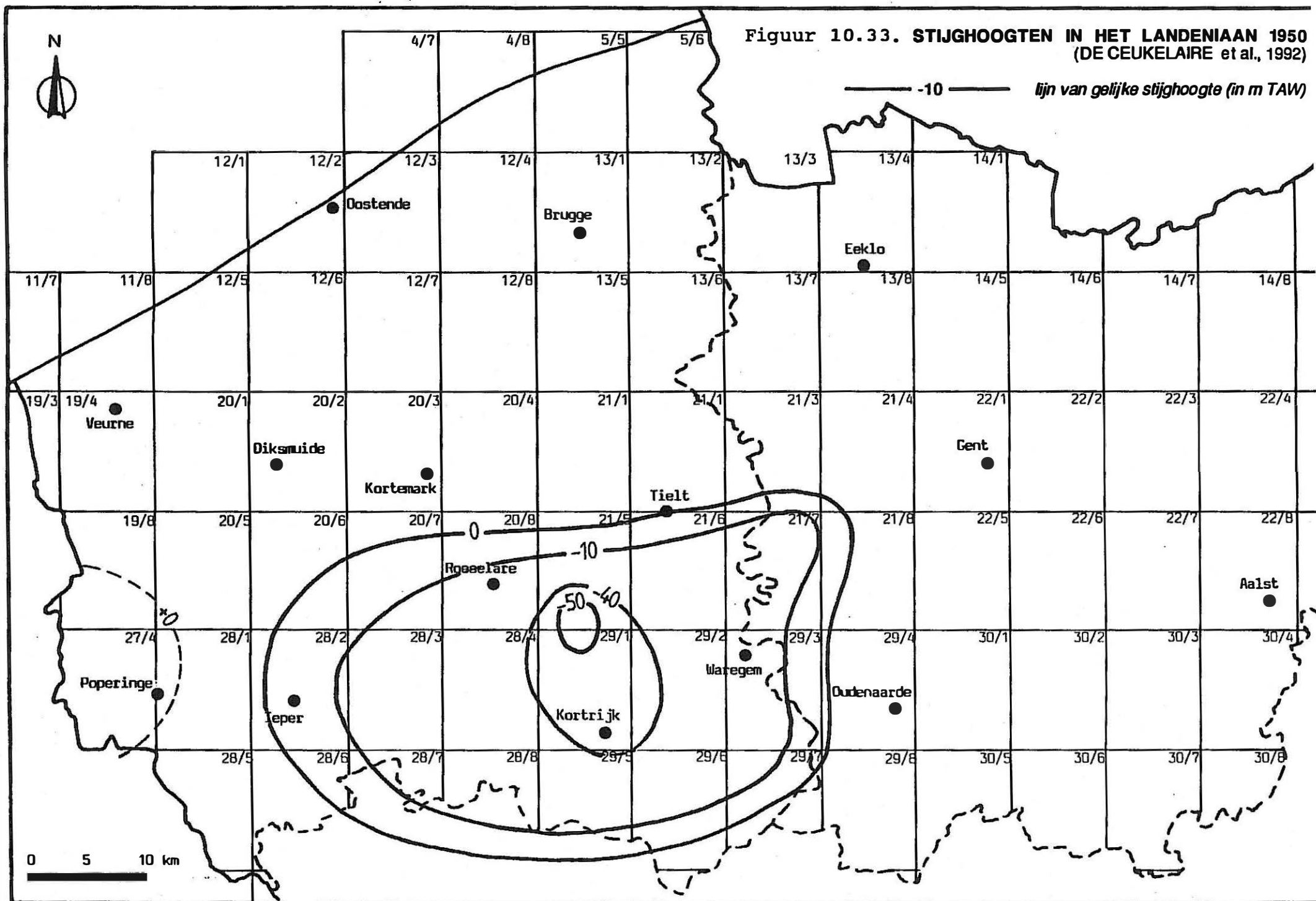


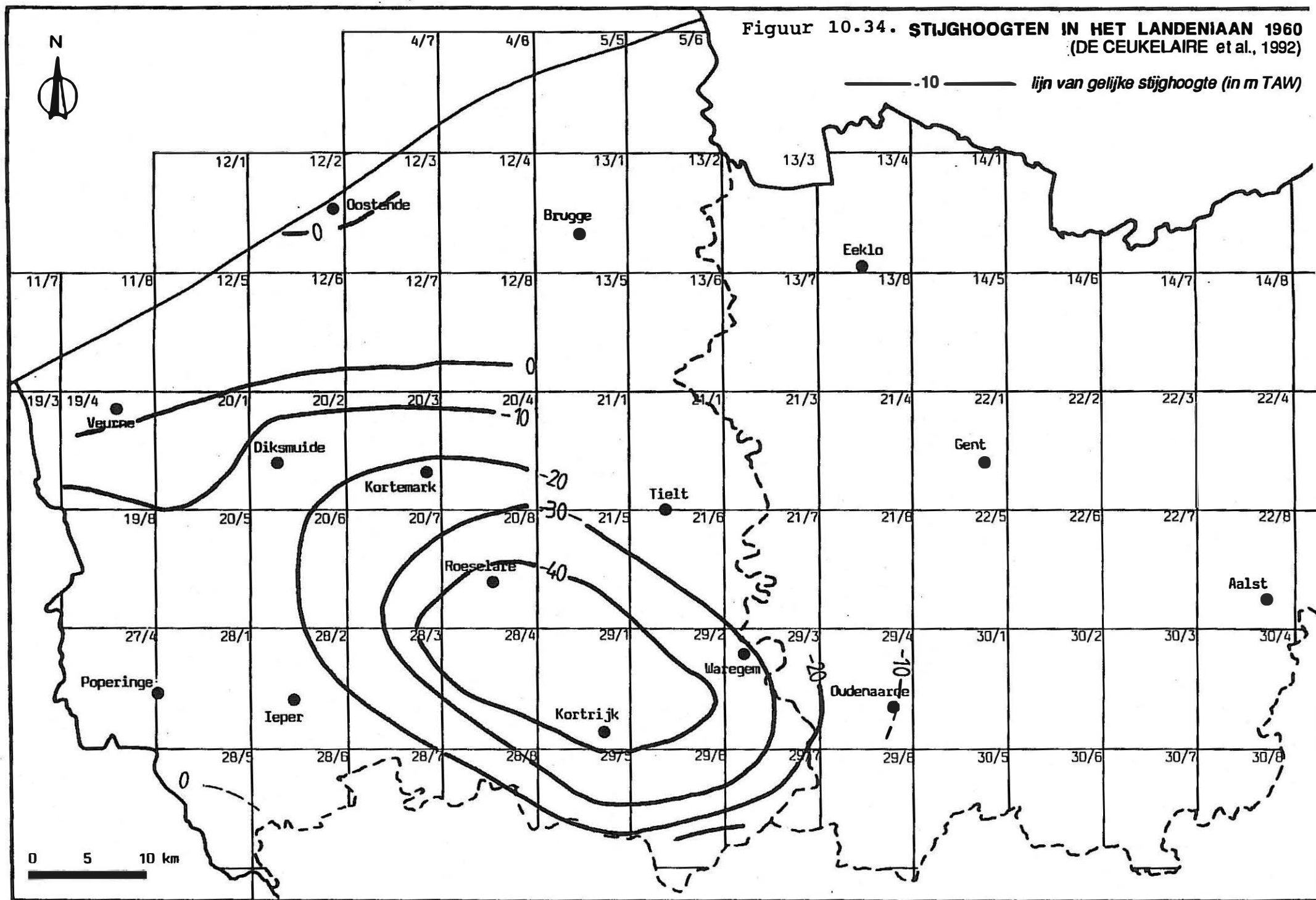
fig. 10.30. - Evolutie van de stijghoogten in het Landeniaan te Waregem (DE CEUKELAIRE et al., 1992)
(L=diepte waarop de top van het Landeniaan voorkomt)

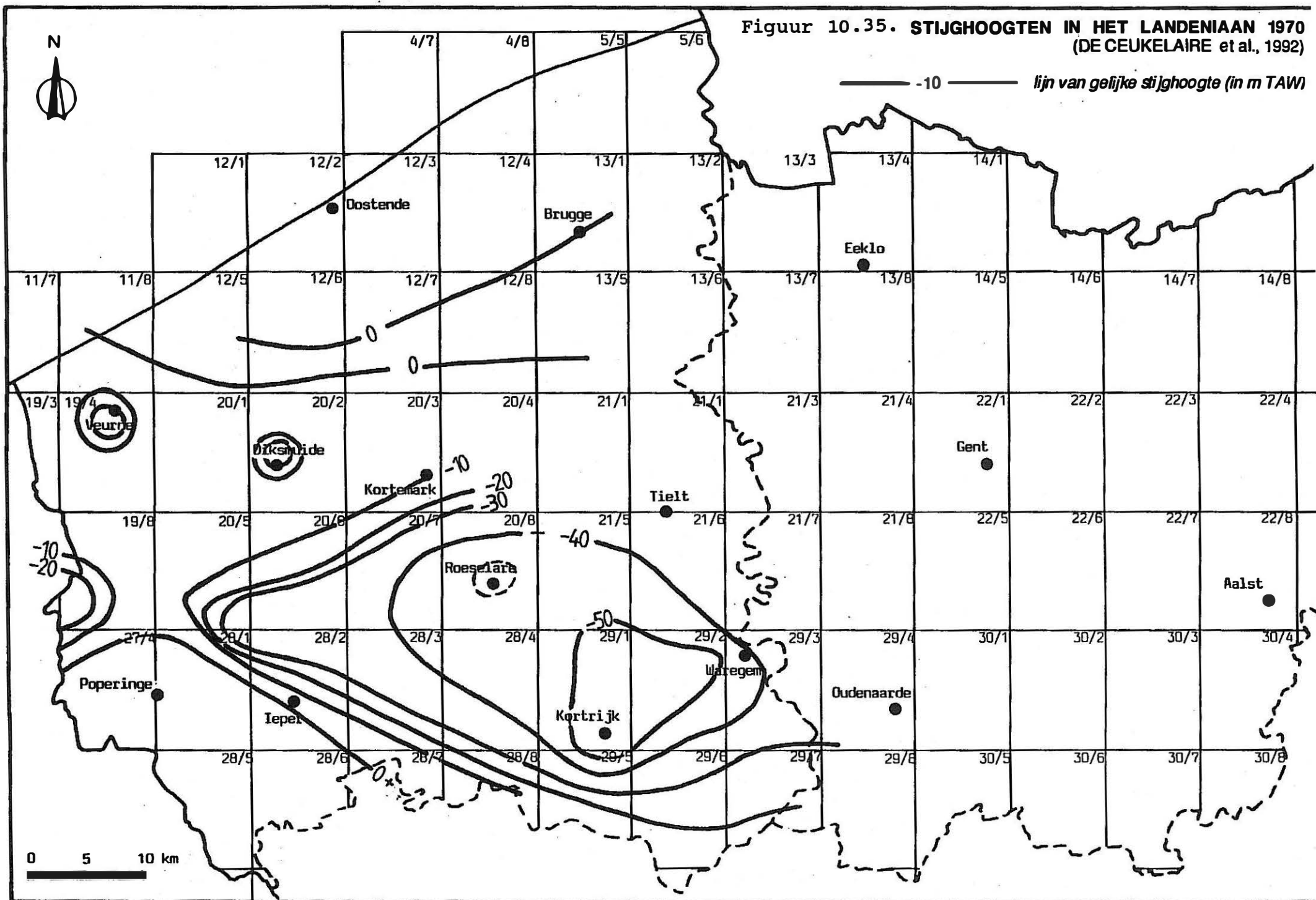


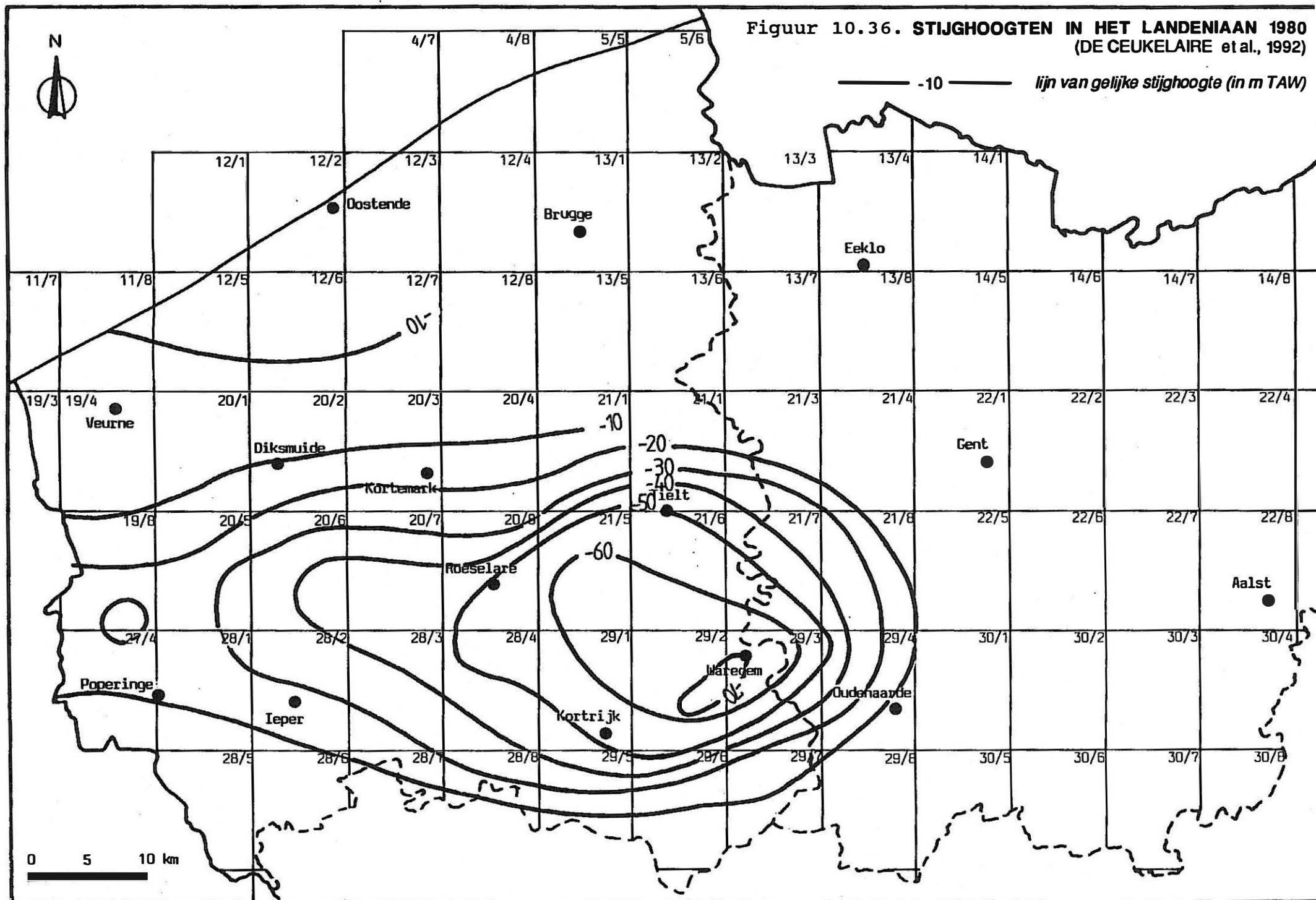
Figuur 10.32. STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1930
(DE CEUKELAIRE et al., 1992)





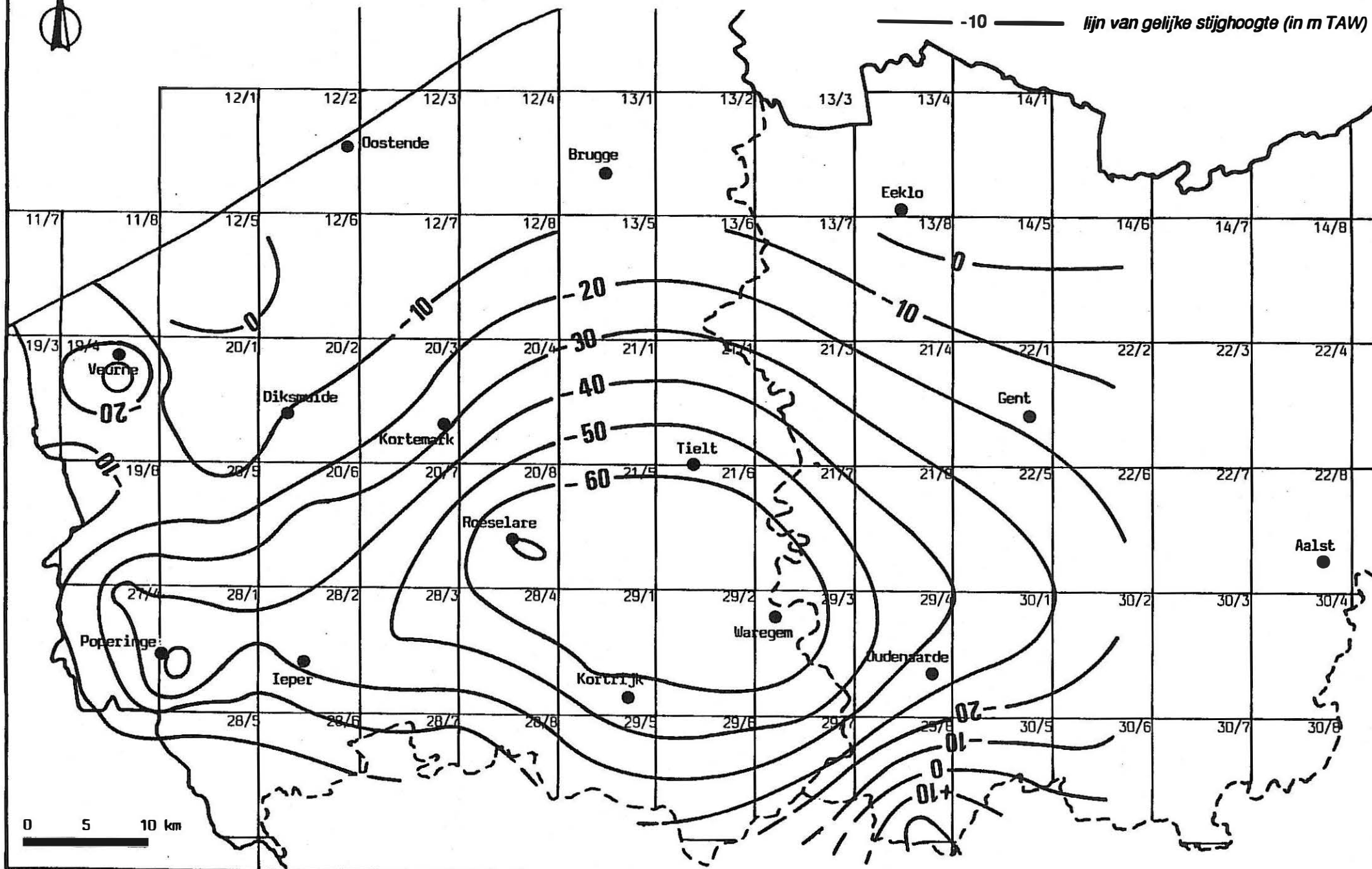






Figuur 10.37. Stijghoogten in het Landeniaan 1986 (DE CEUKEL-
AIRE et al., 1992).

STIJGHOOGTEN IN HET LANDENIAAN 1986
(DE CEUKELAIRE et al., 1992)



In grote lijnen vertoont de stijghoogtekaart van 1988 (fig. 10.22) een gelijkaardig beeld als dat van 1986 ; de meeste peilen zijn 1 à 2 m gedaald ten opzichte van mei 1986. Grotere verschillen zijn opgemeten te Ieper, Vleteren, Koekelare, Zonnebeke en Kortemark.

Naar analogie met het Massief van Brabant is gepoogd via matematische modellering (LEBBE et al., 1988) een beeld te krijgen van de stijghoogten in het Landeniaan in natuurlijke omstandigheden. De toestand zonder winningen (fig. 10.38) toont aan dat het grondwater in noord-noordwestelijke richting stroomt. Deze situatie, waaruit duidelijk het artesisch karakter van het Landeniaan blijkt, wordt door de oude waarnemingen bevestigd.

10.2.3. Grondwaterwinningen

10.2.3.1. Inleiding

De vergunde debieten worden onderverdeeld naar landbouw, industrie en drinkwatermaatschappijen; voor wat de opgepompte debieten betreft, worden landbouw en industrie samen als nijverheid voorgesteld.

Hieronder volgen de meest recente gegevens van 1990, zowel voor de opgepompte als voor de vergunde debieten, uitgedrukt in m³/jaar. Voor West-Vlaanderen worden de gegevens van 1989 weergegeven.

Tabel 10.6. - Landenlaan, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1990.

	NIJVERHEID (aantal installaties)	DRINKWATERMAATSCH. (aantal installaties)
Oost-Vlaanderen	191 168 (16)	0 (0)
West-Vlaanderen	669 840 ⁷ (101)	0 (0)
TOTAAL	861 008 (117)	0 (0)

Tabel 10.7. - Landenlaan, Oost- en West-Vlaanderen, vergunde debieten 1990.

	LANDBOUW	INDUSTRIE	DRINKWATER
Oost-Vlaanderen	2 555	291 885	0
West-Vlaanderen	57 696	1 133 115	0
TOTAAL	60 251	1 375 000	0

10.2.3.2. Evolutie

Voor de periode 1987 tot 1990 werden per provincie de gegevens over opgepompte en vergunde debieten voorgesteld in de tabellen 10.8, 10.9 en 10.10 .

De cijfers van de opgepompte debieten schommelen sterk van jaar tot jaar, vooral in de provincie West-Vlaanderen.

De grote schommelingen van het opgepompt debiet laten niet toe een bepaalde evolutie waar te nemen.

⁷ Gegevens van 1989.

Het verschil tussen opgepompt en vergund debiet is soms groot, vooral in West-Vlaanderen waar in 1988 het opgepompte debiet maar 10 % van het vergunde debiet bedroeg.

Uit de inventaris van de Landeniaanputten in West- en gedeeltelijk in Oost-Vlaanderen (GOM WEST-VLAANDEREN, 1987) blijkt dat in 1986 ongeveer 1,5 miljoen m³ uit het Landeniaan werd gewonnen. Aan de hand van een mathematisch model werd een debiet berekend dat 70 % hoger ligt, namelijk 2,5 miljoen m³ (LEBBE et al., 1988). Het vergunde debiet voor 1986 bedroeg 1 435 251 m³.

Tabel 10.8. - Landeniaan, evolutie debieten Oost-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	93 130	0	93 130	2 555	241 885	0	244 440
1988	132 663	0	132 663	2 555	241 885	0	244 440
1989	221 755	0	221 755	2 555	241 885	0	244 440
1990	191 168	0	191 168	2 555	241 885	0	244 440

Tabel 10.9. - Landeniaan, evolutie debieten West-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepompt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	346 073	0	346 073	57 696	1 133 115	0	1 190 811
1988	110 309	0	110 309	57 696	1 133 115	0	1 190 811
1989	669 840	0	669 840	57 696	1 133 115	0	1 190 811
1990	669 840 ⁸	0	669 840 ⁸	57 696	1 133 115	0	1 190 811

⁸ Gegevens van 1989.

Tabel 10.10. - Landeniaan, evolutie debieten Oost- en West-Vlaanderen, 1987-1990.

Jaar	Opgepomt			Vergund			
	Nijverheid	Drinkwater- maatschappij	Totaal	Landbouw	Industrie	Drinkwater- maatschappij	Totaal
1987	439 203	0	439 203	60 251	1 375 000	0	1 435 251
1988	242 972	0	242 972	60 251	1 375 000	0	1 435 251
1989	891 595	0	891 595	60 251	1 375 000	0	1 435 251
1990	861 008	0	861 008	60 251	1 375 000	0	1 435 251

10.2.4. Grondwaterkwaliteit

10.2.4.1. Inleiding

Daar er geen analyses van het primair meetnet van de AMINAL beschikbaar zijn, werden gegevens van LTGH-studies angewend.

Het grondwater in het Landeniaan is doorgaans zeer zacht. Daarom wordt deze watervoerende laag, ondanks de lage specifieke capaciteit, door veel bedrijven gebruikt.

In de studie van WALRAEVENS et al., 1989, waarin ondermeer de hydrochemie van het Landeniaan wordt besproken en de watertypes volgens STUYFZAND, 1986 zijn bepaald, wordt veronderstelt dat de grondwaterkwaliteit het gevolg is van het stromingspatroon in de natuurlijke toestand.

De vermenging van infiltrerend zoet water, dat kationenuitwisseling ondergaat terwijl het doorheen de kleilagen vloeit, met het fossiel grondwater bepaalt de kwaliteit van het grondwater.

De gebieden waar de infiltratie doorheen de Ieperiaanklei het grootst is, worden weergegeven in fig. 10.39 als de voedingsgebieden van het Landeniaan bij natuurlijke stroming.

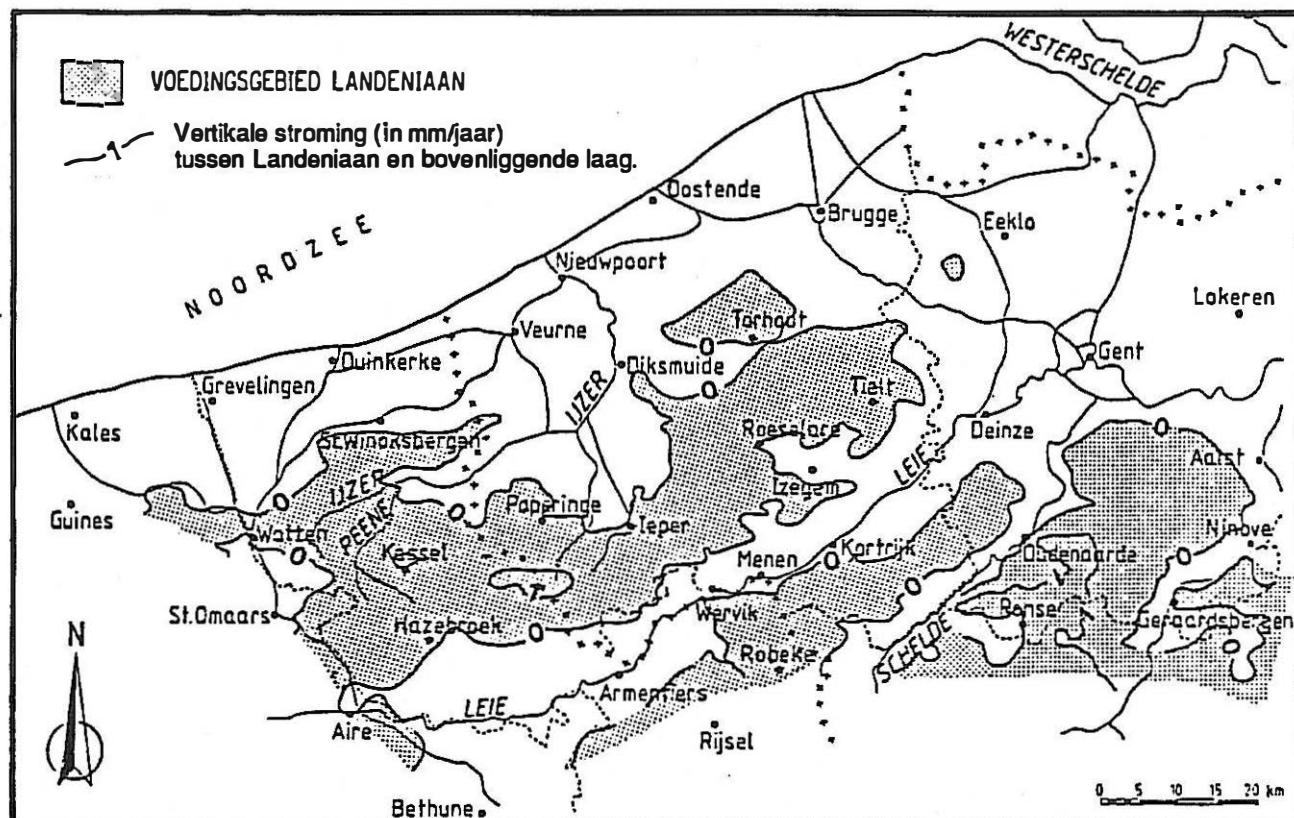


Fig. 10.39 - Vertikale stroming tussen Landenaan en bovenliggende laag berekend met mathematisch model (LEBBE et al., 1987) (WALRAEVENS et al., 1989)

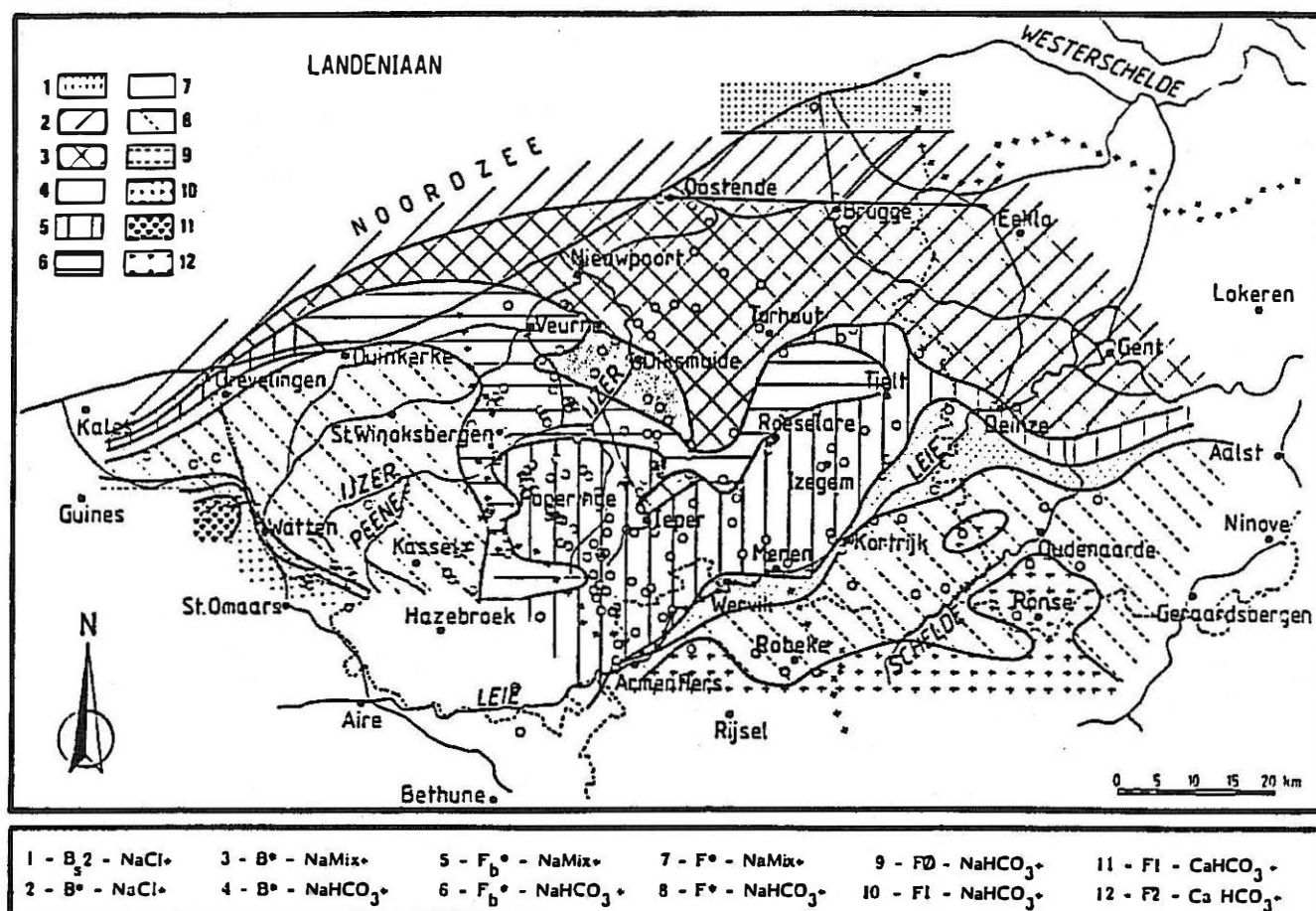


Fig. 10.40 - Voorkomen van grondwatertypes in het Landenaan (klassifikatie volgens STUYFZAND, 1986) (WALRAEVENS et al., 1989)

In en nabij het freatisch gedeelte ten westen van Oudenaarde is het grondwater hard, zoet en van het CaHCO_3 -type. Kationenuitwisseling heeft zich slechts in die mate voorgedaan dat Ca^+ het dominante kation bleef.

Meer naar het noorden toe vermindert de hardheid en wordt Na^+ het dominerende kation en vormt het NaHCO_3 -watertype ; nog noordelijker neemt het Cl^- -gehalte steeds meer toe, waardoor HCO_3^- zijn dominerende rol verliest en het watertype NaMix teruggevonden wordt.

Wanneer het Cl^- -gehalte minstens 50 % van de anionensom vormt, wordt het NaCl -watertype aangetroffen. Het water wordt brak tot zout wanneer de Cl^- -concentratie 1 000 mg/l overschrijdt (WALRAEVENs et al., 1989).

Een uitzondering hierop vormt het gebied tussen Duinkerke en Veurne, waar de stijging van de Cl^- -concentratie in noordelijke richting minder vlug 50 % van de anionensom overschrijdt (WALRAEVENs et al., 1989).

De verspreiding van de verschillende watertypes wordt in fig. 10.40 weergegeven.

10.2.4.2. Evolutie

Analoog aan het Massief van Brabant zijn het hoofdzakelijk de grondwaterstromingen in natuurlijke toestand die de grondwaterkwaliteit bepalen.

Ook hier merkt men een verdringen van het aanwezige zoute grondwater naar het noordwesten door in het voedingsgebied geïnfiltreerde en door kationenuitwisseling gekenmerkte watertypes.

In de voedingsgebieden waar de uitloging van de Ieperiaanklei het snelst verloopt, gaat de kationenuitwisseling slechts nog in beperkte mate door en wordt het CaHCO_3 -watertype aangetroffen, een zoet en hard grondwater.

Dit laatste type grondwater zal zich verder in noordwestelijke richting uitbreiden en de zachtere grondwatertypes naar de diepere delen van het watervoerend systeem verdringen.

10.2.5. Bedreigingen en toekomstverkenning

10.2.5.1. Grondwaterpeilen

Globaal gezien zijn de peilen in 1988 met 1 à 2 m gedaald ten opzichte van 1986 en is het stijghoogte-oppervlak weinig veranderd. Op sommige plaatsen zijn echter grotere stijghoogtedalingen waargenomen.

De stijghoogtekaart van juni-juli 1988 is gekozen als meest recente situatie in het Landeniaan. De meetgegevens van 1993 van de 13 peilputten van het primair meetnet zijn op deze kaart aangeduid.

Ten noorden van de belangrijkste afpompingsstrecther wijzen de meetgegevens van 1993 op een stijging van het grondwaterpeil met ca. 45 m, terwijl ten zuiden van de afpompingsstrecther de meetgegevens van 1993 goed overeenstemmen met de situatie van 1988. Enkele metingen in Oost-Vlaanderen wijken eveneens af van het stijghoogtepatroon van 1988.

De meetgegevens van de AMINAL van 1993 laten soms een grote stijghoogtedaling in korte tijd te zien : meer dan 2 m in negen maanden tijd. Deze gevallen dienen zorgvuldig te worden opgevolgd om het verder verloop ervan te kennen.

Vooraleer een betrouwbaar beeld van de toestand en de evolutie kan gegeven worden, dienen meer Landeniaanpeilputten opgenomen te worden in het primair meetnet.

Bij het uitbreiden van het meetnet dient rekening gehouden te worden met de reeds verworven kennis. Er kan eventueel gezocht worden naar bestaande maar verwaarloosde putten en die inschakelen in het meetnet.

10.2.5.2. Opgepompte debieten

De variaties van het opgepompt debiet zijn het grootst in West-Vlaanderen waar het debiet voor 1988 verzesvoudigt in 1989. Dit is waarschijnlijk niet alleen een gevolg van wijzigingen in de gewonnen hoeveelheden grondwater, maar heeft wellicht ook te maken met het aantal bedrijven die hun gegevens doorgeven.

Gezien de vergunde debieten voor de beschouwde jaren ongewijzigd zijn gebleven, mag verondersteld worden dat er wellicht geen nieuwe grote grondwaterwinningen in het Landeniaan zijn bijgekomen.

Er bestaat een goede overeenkomst tussen het vergund debiet van 1986 (1 435 251 m³) en de debieten vermeld in de studie GOM WEST-VLAANDEREN, 1986 (1,5 miljoen m³ voor 1986).

Het door matematische modellering berekende debiet is 70 % hoger dan het vergunde debiet.

Volgens de door AMINAL gekende opgepompte hoeveelheden van 1987 tot 1990 bedraagt het opgepompte debiet maximaal ongeveer 60 % van het vergunde debiet en minimaal ongeveer 20 %.

Ook hier, net zoals voor het Massief van Brabant, is er nood aan correcte gegevens voor wat betreft de onttrokken debieten. Pas dan kan de evolutie gevolgd worden en kunnen prognoses gemaakt worden betreffende het grondwaterverbruik.

10.2.5.3. Grondwaterkwaliteit

De regionale grondwaterkwaliteit van het Landeniaan wordt bepaald door de grondwaterstromingen in natuurlijke omstandigheden.

Het meest recente in het voedingsgebied geïnfiltreerde water zal de aanwezige watertypes in noordwestelijke richting verdringen, waardoor de verschillende watertypes in die richting evolueren en de aanwezigheid van zoet, hard water van het CaHCO₃-type uitbreiding kent.

Als de stijghoogten onder de top van de watervoerende laag dalen, kan de kwaliteit van het grondwater wijzigingen ondergaan.

10.2.6. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden een drietal studies met betrekking tot de hydrogeologie en hydrochemie van het Landeniaan uitgevoerd. Deze studies omvatten meestal een inventarisatie van de bestaande gegevens, stijghoogtemetingen, grondwateranalyses en het opstellen van een mathematisch model :

- Hydrogeologisch mathematisch model van de grondwaterstromingen in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen onder West-, Oost-, Zeeuws- en Frans-Vlaanderen (1987),
- Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Landeniaan, van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990),
- Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landeniaan onder het oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het westelijk gedeelte van Vlaams-Brabant (1988).

11. DE KUSTDUINEN

11.1. Voorkomen en ligging

De kustduinen zijn eolische, meestal zandige formaties die voorkomen langsheen de Belgische kust (fig. 11.1). Hun reliëf is sterk golvend maar plaatselijk vlak, onder andere in de laagste delen of duinpannen. De duinstrook is het best ontwikkeld tussen de Franse grens en Nieuwpoort-Lombardsijde, met een breedte van ca. 2 km. (TAVERNIER et al., 1970).

Ter hoogte van Adinkerke komt een strook lage duinen voor : de Oude Duinen van Adinkerke-Ghyvelde.

Een tweede goed ontwikkeld duingebied is dat van Knokke ; de duinen zijn er echter merkkelijk lager dan die van de Westkust. Tussen Oostende en Wenduine zijn de duinen gemiddeld 1 km breed, in de overige kuststroken slechts enkele tientallen meters.

De totale oppervlakte van de kustduinen bedraagt ongeveer 4 400 ha., waarvan ca. 2 500 ha. voor het gebied tussen de Franse grens en de IJzermonding (GULINCK, 1966).

11.2. Geologie

De basis van de duinformaties wordt meestal gevormd door een kleilig tertiair substraat. Ten westen van De Panne bestaat dit substraat uit Ieperiaanklei waarvan de top varieert van - 25 tot - 30 (LEBBE, 1978).

Ter hoogte van De Haan-Wenduine bestaat het tertiair substraat uit een laterale afwisseling van kleiige en kleihoudende zandlagen. Dit substraat komt ter hoogte van De Haan voor op ca. - 38 ; meer naar het oosten toe (Wenduine) op ca. - 25 (DEVOS, 1984).

De duinmassieven zelf bestaan meestal uit fijn zand ; het onderliggende Pleistoceen bestaat uit fijn, middelmatig en soms grof zand al dan niet met schelpen en schelpgruis. Net boven het tertiair substraat komt meestal een grintlaag voor. Klei-, leem- en veenlagen kunnen eveneens voorkomen, meestal onder de vorm van discontinue lenzen.

11.3. Hydrogeologie

Door de grillige lithologische opbouw komen er in en onder de kustduinen naast overwegend goed doorlatende en doorlatende afzettingen ook slecht doorlatende zones voor (klei, veen).

Het tertiair substraat wordt als zeer slecht doorlatend tot ondoorlatend beschouwd en vormt de basis van het watervoerend systeem.

De grondwaterstroming is globaal genomen deels naar zee gericht en deels naar de polders (LEBBE, 1978 ; DEVOS, 1984 en DE BREUCK et al., 1982). Lokaal kunnen er stromingen optreden in de richting van grondwaterwinningen, bemalingen en grachten (LEBBE, 1978 en DE BREUCK et al., 1982).

11.4. Grondwaterpeilen en -winningen

11.4.1. Waargenomen waterpeilen

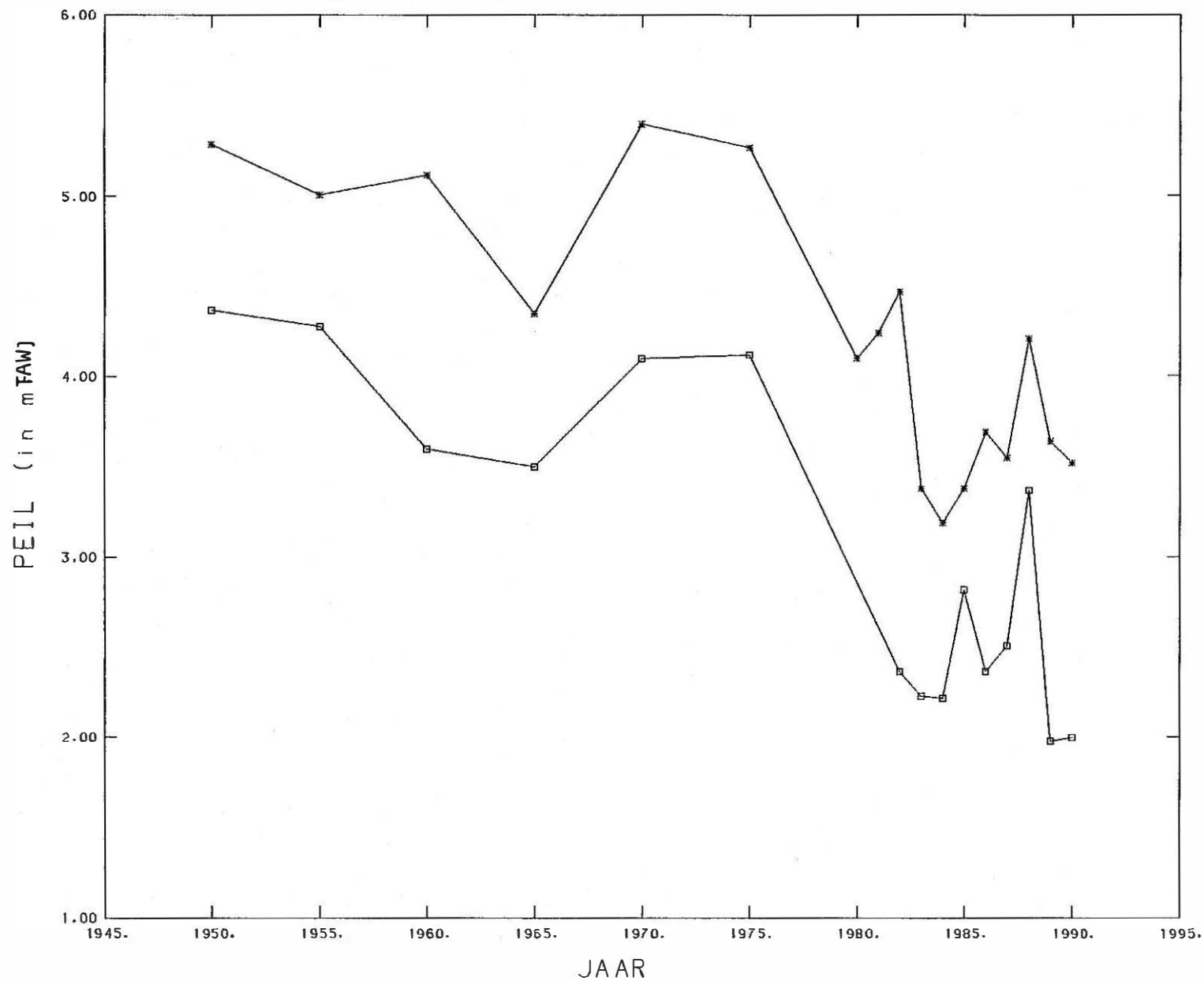
In de kustduinen bevinden zich geen peilputten van het primair grondwatermeetnet van de AMINAL.

Door de drinkwatermaatschappij IWVA worden regelmatig de waterpeilen in de buurt van hun grondwaterwinningen opgemeten. In figuren 11.2 en 11.3 worden de hoogste en laagste grondwaterpeilen weergegeven voor de waterwinningsgebieden te Oostduinkerke en te Adinkerke tussen 1950 en 1990.

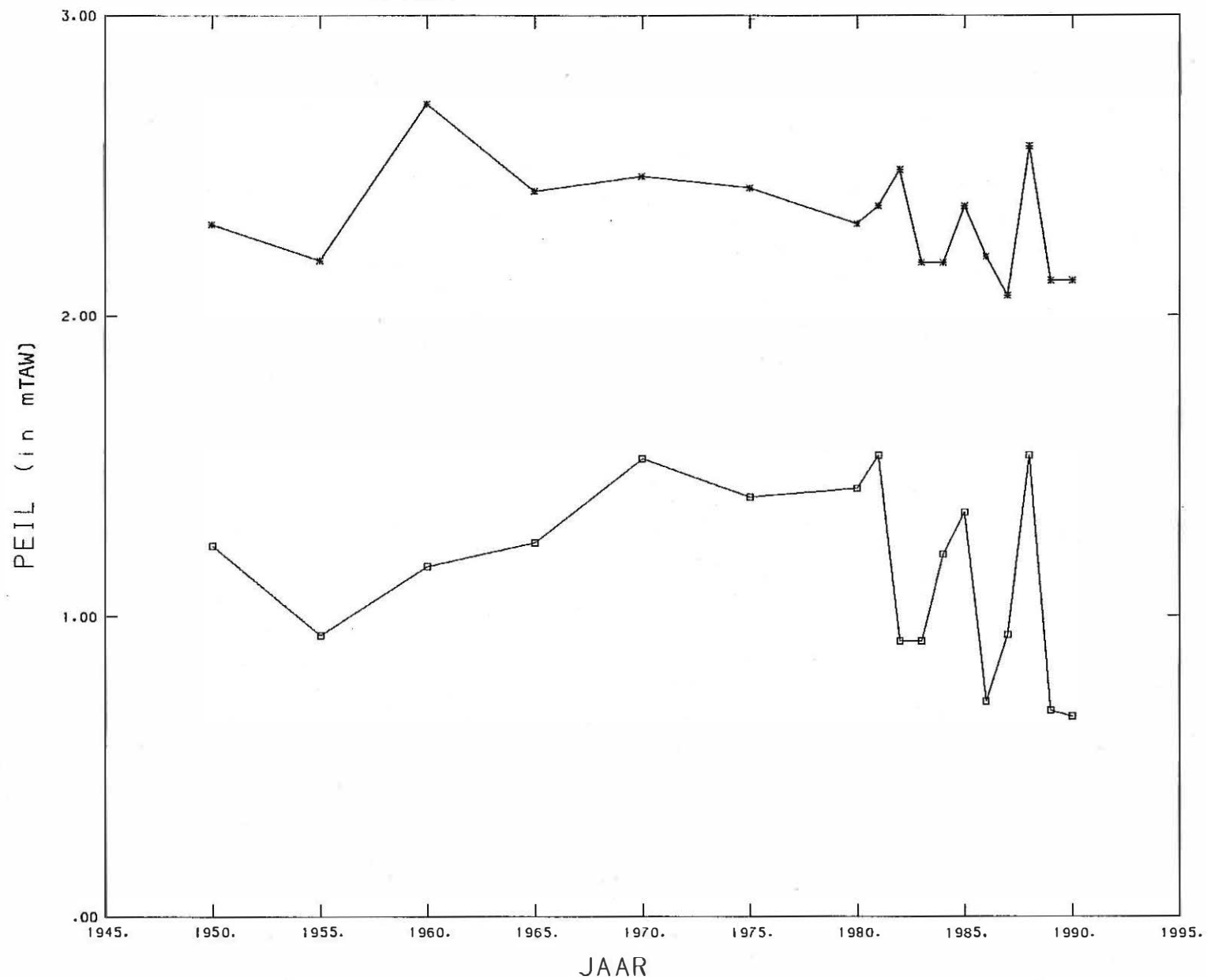
Voor Oostduinkerke zien we een continue daling, vooral sinds 1975. Voor Adinkerke blijft het waterpeil nagenoeg gelijk.

Er dient op gewezen dat de gegevens gebruikt voor de figuren 11.2 en 11.3 afkomstig zijn van het jaarrapport 1990 van het IWVA en dat niets geweten is over diepte en ligging van de gebruikte peilputten.

Figuur 11.2. Hoogste en laagste grondwaterpeilen tussen 1950 en 1990 te Oostduinkerke (waterwinning St.-André) (IWVA, 1991).



Figuur 11.3. Hoogste en laagste grondwaterpeilen tussen 1950 en 1990 te Adinkerke (waterwinning Cabour) (IWVA, 1991).



11.4.2. Grondwaterwinning

Voor de periode 1986-90 werden jaarlijks volgende debieten vergund :

- industrie : 117 485 m³
- landbouw : 2 400 m³
- drinkwatermaatschappijen : 1 555 000 m³

In tabel 11.1 worden de opgepompte debieten voor de periode 1987-90 weergegeven.

Tabel 11.1 - Kustduinen, opgepompte debieten in m³, 1987-1990.

JAAR	NIJVERHEID (aantal installa- ties)	DRINKWATERMAAT- SCHAPPIJEN (aantal installaties)
1987	35 619 (7)	5 091 831 (5)
1988	21 939 (8)	5 003 471 (6)
1989	1 858 (6)	5 359 183 (5)
1990	0 (0)	4 896 993 (5)

Uit bovenstaande tabel kan afgeleid worden dat de drinkwatermaatschappijen de grootste afnemers zijn van grondwater uit de kustduinen.

In de kustzone zijn drie drinkwatermaatschappijen actief. De grootste, de Intercommunale Watermaatschappij van Veurne-Ambacht (IWVA), heeft drie winningen aan de Westkust :

- Cabour te Adinkerke met in 1990 een productie van 219 736 m³.
- St-André te Oostduinkerke met in 1990 een productie van 1 729 478 m³.
- De Westhoek te De Panne met in 1990 een productie van 1 916 243 m³.

Fig. 11.4 geeft de hoeveelheden opgepompt grondwater weer voor de drie IWVA-winningen voor de periode 1926-1986. Opvallend is de sterke toename van het opgepompt grondwater vanaf de jaren zeventig voor de winningen St-André en de Westhoek. De productie van de Cabourwinning blijft vanaf 1950 schommelen rond ca. 150 000 m³/jaar.

De Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening (VMW) heeft een grondwaterwinning in de duinen te Bredene met een vergunning voor 250 000 m³/jaar.

Verder bezit de gemeente Knokke-Heist nog grondwaterwinningen in de duinen te Knokke en te Heist, vergund voor ca. 1 000 000 m³/jaar.

11.5. Grondwaterkwaliteit

In tabel 11.2 zijn de resultaten opgenomen van grondwateranalyses uitgevoerd in het kader van LTGH - studies aan de West - en Middenkust.

In de jonge duinen nabij De Panne komt het zoete grondwater voor tot op de Ieperiaanklei. Eens de duinen voorbij rijst het verziltingsgrensvlak echter snel op, zodat in de polders zout grondwater wordt aangetroffen op vrij geringe diepte (DE BREUCK et al., 1990).

De duinwaters worden gekenmerkt door een geringe tot matige mineralisatiegraad ; het zijn zoete tot matig zoete waters. Ze bevatten veel aardalkaliën (van 80 tot 95 % van de kationen) en weinig alkaliën (van 5 tot 20 % van de kationen). Bicarbonaat vertegenwoordigt tussen de 55 en 85 % van de anionen.

Tabel 11.2. - Grondwateranalyses van duinwaters uit De Panne, Oostduinkerke en De Haan.

	De Panne (LEBBE, 1978)	Oostduin- kerke (DE BREUCK et al., 1982)	De Haan (DEVOS, 1984)
AANTAL MONS- TERS	27	8	?
Natrium (mg/l)	17,58	64,74	54,26
Kalium (mg/l)	2,03	15,19	12,39
Magnesium (mg/l)	4,28	17,75	54,55
Calcium (mg/l)	97,15	57,56	176,40
Chloor (mg/l)	31,64	74,40	107,90
Sulfaat (mg/l)	56,38	23,10	58,16
Bicarbonaat (mg/l)	258,2	313,92	324,68
Ijzer (mg/l)	3,63	1,79	2,38
Geleidbh. (microS/cm)	516,9	682,4	943
Totale hard- heid (°Fr)	26,86	24,4	35,48

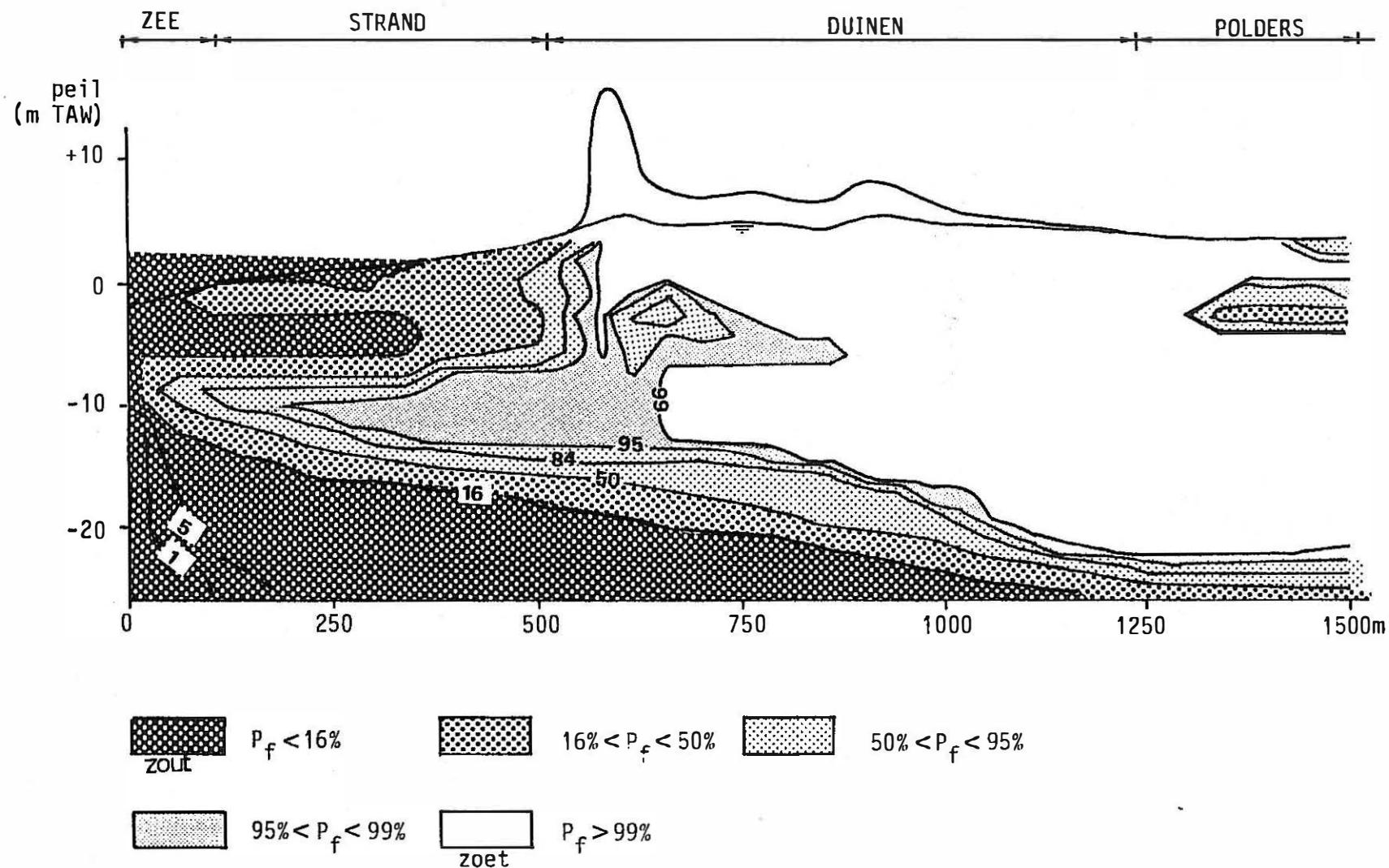
Het duinwater bevat echter veel sulfaten. In de omgeving van de waterwinning van de Westhoek is dit drie- tot vijfmaal hoger dan op andere plaatsen in de duinen. Dit is waarschijnlijk te wijten aan oxidatie van de sulfiden in de klei- en veenrijke zones door de daling van de watertafel vanaf 1967 (LEBBE, 1978). Het duinwater bevat eveneens veel ijzerionen.

In het duingebied van De Haan is de verdeling van zoet en zout grondwater zeer complex. Zouter grondwater wordt zowel boven als onder zoeter grondwater aangetroffen (fig. 11.5). In tegenstelling tot bijvoorbeeld de duinen bij De Panne, komt hier ook onder het duingebied verzilting voor (WALRAEVENS et al., 1990).

Het grondwater is hier van het calciumbicarbonaattype. Door het hoge sulfaatgehalte ligt ook de geleidbaarheid soms vrij hoog. De totale hardheid bedraagt ongeveer 40°F. Naarmate men dieper gaat neemt het SiO₂-gehalte toe (DEVOS, 1984).

Ter hoogte van Oostduinkerke heeft het grondwater in de duinen een pH begrepen tussen 7,3 en 8,05. De totale hardheid is meestal kleiner dan 30°F. De duinwaters bevatten soms hoge ijzergehalten (tot 4 à 5 mg/l). Het calcium- en ammoniumgehalte bedraagt in enkele gevallen meer dan respectievelijk 75 en 0,5 mg/l (DE BREUCK et al., 1982).

Van de grondwaterwinningen te Bredene (VMW) en te Knokke-Heist zijn recente analyseresultaten voorhanden. Deze zijn opgenomen in tabel 11.3.



Figuur 11.5. Berekende zoetwaterpercentages P_f in de kwartaire afzettingen volgens de doorsnede Wenduine-Nieuw-munster (WALRAEVENS et al., 1990a).

Tabel 11.3. - Grondwateranalyses van duinwaters uit de winningen van Bredene en Knokke-Heist.

	BREDENE 5/7/93	KNOKKE-HEIST 3/8/93
pH	7,1	7,45 - 7,65
Geleidbaarheid ($\mu\text{S}/\text{cm}$)	1170	
Totale hardheid ($^{\circ}\text{F}$)	44	
Calcium (mg/l)	158	
Magnesium (mg/l)	11	
Ijzer (mg/l)	2,05	
Mangaan (mg/l)	0,15	
Ammoniak (mg/l)	0,78	
Chloride (mg/l)	190	42 - 103
Sulfaat (mg/l)	85	
Nitraat (mg/l)	1	
Nitriet (mg/l)	0,03	
Ortho-fosfaat (mg/l)	0,78	
Aluminium (mg/l)	0,037	
Opgeloste zuurstof (%)	4	> 90

11.6. Bedreiging en toekomstverkenning

De voornaamste bedreiging voor het watervoerend systeem van de kustduinen is de overexploitatie. Door de toenemende druk van het toerisme is er een steeds stijgende vraag naar drinkwater. Gezien de beperkte omvang van het watervoerende systeem kan een verdere uitbouw van grondwaterwinningen en/of het verhogen van de capaciteit van bestaande winningen verzilting van het grondwater teweegbrengen.

De grondwaterwinningen te Knokke-Heist zijn vatbaar voor eventuele verontreiniging vanuit de nabijgelegen bebouwde zone.

Alternatieven zijn de aanvoer van drinkwater uit het binnenland en infiltratie van oppervlaktewater in de duinen.

Het ware wenselijk dat de AMINAL in de kustduinen zou beschikken over een aantal peilputten teneinde de evolutie van grondwaterpeilen en -kwaliteit te kunnen volgen.

11.7. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden uitvoerige studies verricht met betrekking tot de hydrogeologie van de kustduinen. Deze studies situeren zich voornamelijk aan de Westkust en aan de duinen ter hoogte van De Haan. Deze studies omvatten meestal boringen, boorgatmetingen, pompproeven, stijghoogtewaarnemingen, grondwateranalyses, opstellen van een waterbalans, infiltratieproeven en het opmaken van een mathematisch model :

- Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne (1978),
- Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke) (1982),
- Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan (1984),
- Aanvullend onderzoek voor de hydrogeologische studie van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde : winning van

oppervlaktewater door middel van oeverinfiltratie in een
wachtvijver (1985),

- Infiltratie- en injectiemogelijkheden voor aanvulling van de
grondwatervoorraad in de Westhoekduinen (1992).

12. HET IEPERIAANZAND IN OOST- EN WEST-VLAANDEREN

12.1. Voorkomen

Het watervoerend systeem bestaande uit het Ieperiaanzand (stratigrafisch gekend als het Lid van Egem) komt voor onder jongere tertiaire formaties in het noorden van Oost- en West-Vlaanderen en dagzoomt in geïsoleerde zones op de hoger gelegen delen van centraal en zuidoost West-Vlaanderen en het zuidelijk deel van Oost-Vlaanderen (fig. 12.1 en 12.2). Deze zones komen meestal overeen met de waterscheidingskammen tussen Ijzer, Leie, Schelde en hun zijrivieren.

12.2. Geologie

Uit recente herinterpretaties van boringen en diepsonderingen in de Gentse agglomeratie is gebleken dat het Lid van Egem, daar waar het volledig ontwikkeld is, opgebouwd is uit een afwisseling van lagen kleihoudend fijn zand en zandhoudende kleilagen (BOLLE et al., in druk).

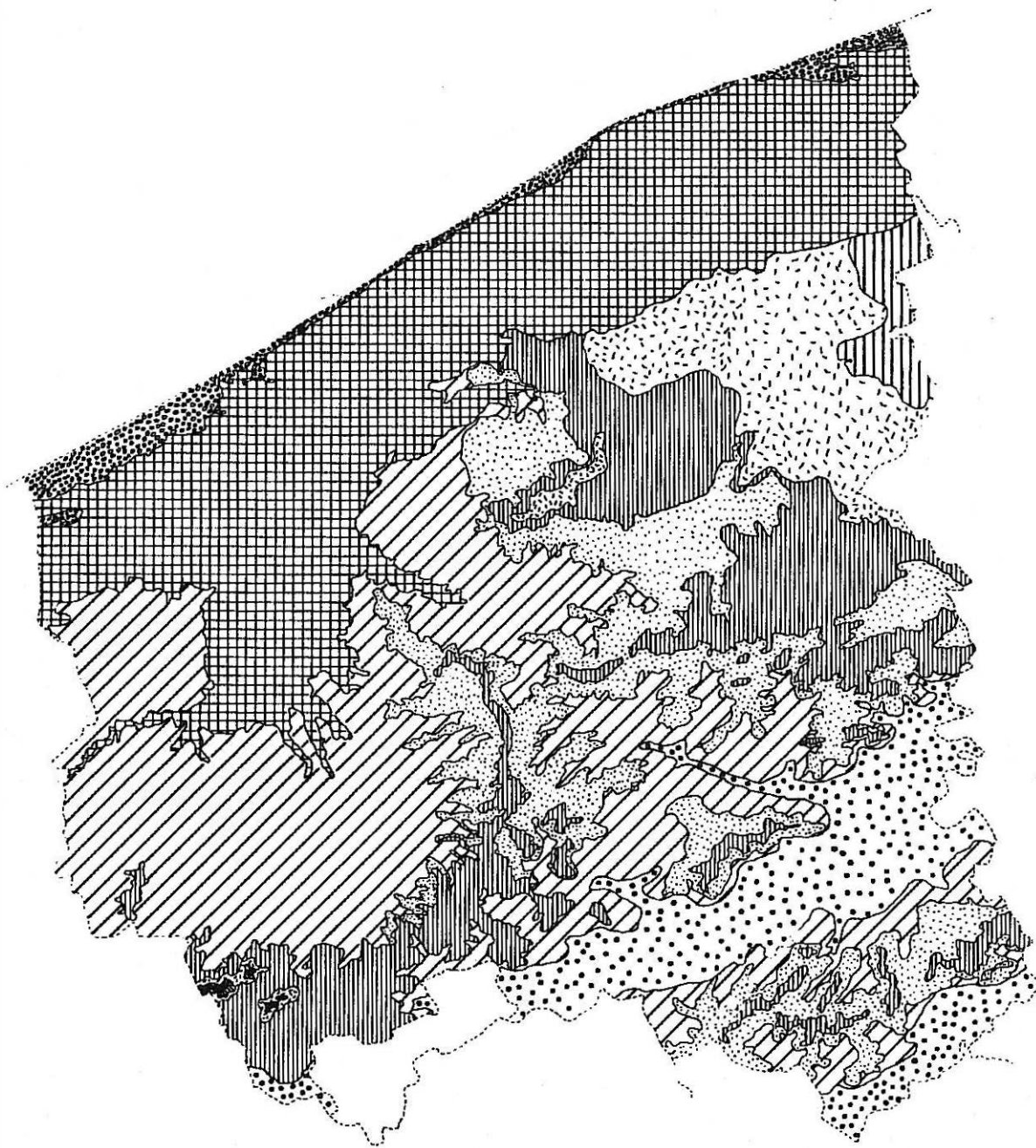
De zandlagen bevatten meestal glauconiet en schelpen. Zandsteenbanken, al dan niet continu doorlopend, komen eveneens voor.

12.3. Hydrogeologie

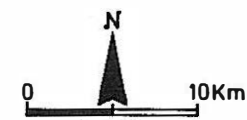
Door de fijnkorrelige aard van de sedimenten waaruit het Lid van Egem is opgebouwd is de doorlatendheid ervan beperkt. De zandhoudende kleilagen kunnen als slecht tot zeer slecht doorlatend worden beschouwd.

Waar het Lid van Egem dagzoomt (weliswaar met een dun kwartair dek) is het systeem freatisch ; in het noorden, waar de Paniseliaanklei het Lid van Egem bedekt, wordt het systeem artesisch. De zandlagen in het Lid van Egem die bovenaan begrensd worden door zandhoudende kleilagen vertonen een half-artesisch tot artesisch karakter.

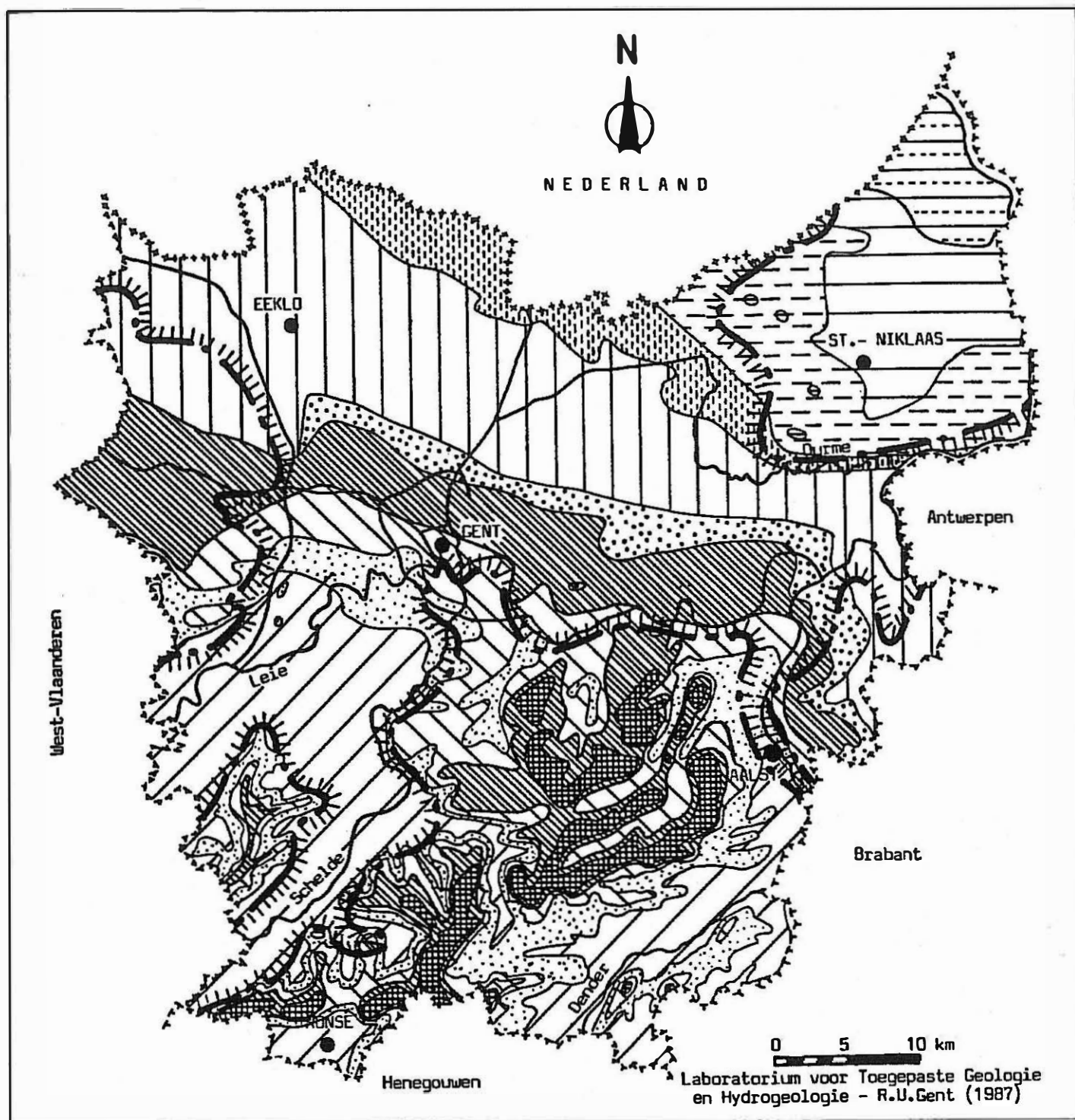
In het noorden van de beide provincies heeft het grondwater uit het Ieperiaanzand een hoge natuurlijke mineralisatiegraad.



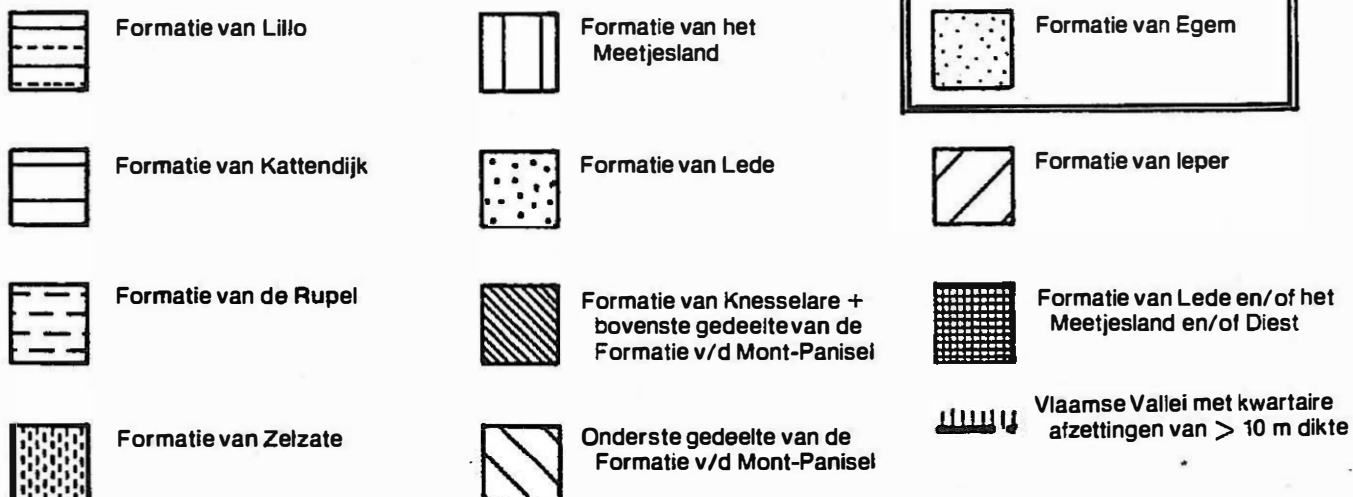
			WATEROERENDE CAPACITEIT		
			GOED	MATIG	SLECHT
CENOZOÏCUM	KWARTAIR HOLOCEEN EN PLEISTOCEEN	Duinen			
		Polders			
		Rivierdalopvulling			
	TERTIAIR	MIOCEEN			
		EOCEEN			
		Formatie van Kallo			
		Formatie van Lede			
		Formatie van de Mont-Panisel (LID VAN VLIERZELE)			
		Formatie van de Mont-Panisel (OVERIGE LEDEN)			
		Formatie van Egem			
		Formatie van Ieper			



Figuur 12.1. Dagzomen van het Lid van Egem in West-Vlaanderen.



LEGENDE



Figuur 12.2. Dagzomen van het Lid van Egem in Oost-Vlaander-

12.4. Grondwaterpeilen en -winningen

12.4.1. Waargenomen waterpeilen

De AMINAL bezit in het primair grondwatermeetnet een aantal peilputten in het Ieperiaanzand. Daar de exacte plaats van het filterelement in dat Ieperiaanzand meestal niet gekend is (de filterelementen kunnen één of meerdere zand- en/of kleilagen, elk met hun verschillende grondwaterdruk, aansnijden), kan moeilijk een verband worden gelegd tussen de grondwaterstanden van de verschillende peilputten.

Ter informatie wordt voor drie peilputten gelegen te Oost-Vlaanderen de gemiddelde grondwaterdiepte weergegeven voor de periode juni 1992-maart 1993 (10 metingen) :

- Lede : 1,45 m
- Kruishoutem : 1,75 m
- Destelbergen : 0,84 m.

De natuurlijke grondwaterstroming in de Ieperiaanlaag vertoont een gelijkaardig beeld als dat van de Ledo-Paniseliaanlaag (zie 9.1.2.1.). Waar de stijghoogten in de Ieperiaanlaag lager zijn dan die in het Ledo-Paniseliaan, is de stroming tussen Ledo-Paniseliaan en Ieperiaanlaag neerwaarts en wordt deze laatste gevoed. Waar de stijghoogten in de Ieperiaanlaag hoger zijn, is er opwaartse stroming naar het Ledo-Paniseliaan. De horizontale stroming gebeurt in dezelfde richting als in het Ledo-Paniseliaan, maar met een kleinere snelheid.

De voeding gebeurt ook hier hoofdzakelijk in het heuvelcomplex Oedelem-Zomergem en in het hogergelegen gebied ten zuiden van St.-Niklaas door neerwaartse stroming vanuit het Ledo-Paniseliaan. Voor het overige treedt meestal opwaartse stroming op doorheen de Paniseliaanklei naar het Ledo-Paniseliaan. De verticale snelheden zijn hier kleiner dan voor het Ledo-Paniseliaan (WALRAEVEENS, 1987).

12.4.2. Grondwaterwinning

12.4.2.1. Inleiding

In de periode 1986-1990 werden voor Oost-Vlaanderen jaarlijks volgende debieten vergund :

- industrie : 3 275 434 m³ (1986)
2 896 514 m³ (vanaf 1987)
- landbouw : 77 642 m³

Voor West-Vlaanderen bedroegen de jaarlijkse vergunde debieten voor 1987-1990 :

- industrie : 3 282 144 m³
- landbouw : 119 240 m³.

Er wordt geen grondwater uit het Ieperiaanzand onttrokken door drinkwatermaatschappijen.

In tabel 12.1 worden voor beide provincies de opgepompte debieten van de nijverheid weergegeven voor de periode 1987 - 1990.

Tabel 12.1 - Ieperiaanzand, Oost- en West-Vlaanderen, opgepompte debieten 1987-1990 (in m³).

JAAR	OOST-VLAANDEREN (aantal instal- laties)	WEST-VLAANDEREN (aantal instal- laties)
1987	2 843 631 (110)	507 275 (102)
1988	3 243 532 (118)	296 940 (45)
1989	2 523 462 (114)	1 005 107 (122)
1990	3 121 978 (98)	niet opgegeven

Voor Oost-Vlaanderen ziet men dat het vergunde debiet regelmatig wordt overschreden terwijl in West-Vlaanderen de hoeveelheid opgepompt grondwater zeer sterk fluctueert en in 1989 slechts ca. 30 % van het vergunde debiet bedroeg.

12.4.2.2. Evolutie

In de studie DERYCKE et al., 1982 worden de onttrokken debieten aan het Ieperiaanzand voor 1978 weergegeven. Voor West-Vlaanderen bedroeg dit 368 000 m³ en voor Oost-Vlaanderen 2 693 000 m³.

Wanneer deze gegevens vergeleken worden met tabel 12.1 ziet men voor Oost-Vlaanderen weinig of geen toename in opgepompt debiet sedert 1978, terwijl voor West-Vlaanderen het opgepompte debiet sedert 1978 ca. driemaal hoger is.

12.5. Grondwaterkwaliteit

Voor het grondwater uit de Ieperiaanzanden zijn geen systematische analyseresultaten beschikbaar.

Ter illustratie worden in tabel 12.2 de resultaten van grondwateranalyses gegeven van enerzijds een put gelegen in het noorden van West-Vlaanderen (Zeebrugge) en anderzijds het gemiddelde resultaat van zes putten gelegen in de Gentse agglomeratie.

Tabel 12.2. - Analyseresultaten van grondwaters uit de Ieperiaanzanden.

PARAMETER (mg/l)	ZEEBRUGGE (1 monster)	GENTSE AGGLOMERATIE (Gemid. 6 monst- ers)
Tot. miner.	3 811,6	638
Natrium	1 184	140,8
Kalium	36,2	
Calcium	51,3	19,7
Magnesium	62,4	12,3
Mangaan	0,10	-
Ammonium	1,3	-
Ijzer	0,19	-
Chloride	1 641,7	22,7
Sulfaat	194,68	1,2
Nitraat	0,9	-
Nitriet	0,03	-
Carbonaat	0	440,7
Bicarbonaat	638,6	
Fosfaat	0,74	-
Fluoride	0,27	-
Sulfide	0,03	-

De analyse te Zeebrugge toont het hoge natuurlijke zoutgehalte aan van het Ieperiaangrondwater in het noorden van de provincie West-Vlaanderen.

Ter hoogte van de Gentse agglomeratie zijn de Ieperiaangrondwaters rijk aan natriumbicarbonaat. Het alkaligehalte schommelt meestal tussen 70 en 95 % van de kationen. Het relatief sulfaatgehalte bedraagt minder dan 1 % (DE BREUCK et al., 1983).

12.6. Bedreigingen en toekomstverkenning

Waar de Ieperiaanzanden freatisch zijn en slechts bedekt worden door een dunne kwartaire bovenlaag treden dezelfde bedreigingen op als aangegeven voor het kwartaire watervoerende systeem. Door de geringe doorlatendheid en het voorkomen van slecht doorlatende kleiige tussenlagen zijn de Ieperiaanzanden echter minder kwetsbaar dan het kwartair.

Meer naar het noorden toe van de provincies Oost- en West-Vlaanderen wordt het Ieperiaanzand beschermd door de kleilaag van het Paniseliaan. Daar staat echter tegenover dat naar het noorden toe de natuurlijke verzilting toeneemt waardoor het aantal grondwaterwinningen in dit gebied aanzienlijk afneemt.

Door de eerder geringe doorlatendheid is de capaciteit van de meeste grondwaterwinningen in het Ieperiaanzand laag tot zeer laag. Vandaar dat slechts op het Ieperiaanzand wordt beroep gedaan als er geen alternatieven zijn of als de benodigde hoeveelheid water beperkt is.

In Oost-Vlaanderen is sedert 1978 geen noemenswaardige toename van grondwaterwinningen in het Ieperiaanzand meer vastgesteld wat er op kan wijzen dat de limiet van exploitatie hier werd bereikt. De gebieden die in Oost-Vlaanderen het meeste grondwater uit de Ieperiaanzanden onttrekken zijn de Gentse agglomeratie en de zone Aalst-Ninove.

In West-Vlaanderen zijn er blijkbaar nog mogelijkheden voor grondwaterwinningen temeer daar het Ieperiaanzand in het centrale deel van de provincie relatief ondiep voorkomt. Hier is het voornamelijk de zone Roeselare-Kortrijk waar het meeste Ieperiaangrondwater wordt onttrokken.

12.7. Beleidsondersteunende studies

Door het LTGH werden geen specifieke studies uitgevoerd van de hydrogeologie van het Ieperiaanzand.

REFERENTIES

AMINAL (1992). De drinkwatervoorziening in Vlaanderen. Richtnota 1992. AMINAL, Brussel, 72 p.

BAETEN Y. en LOY W. (1987) Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in West-Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel, 32 p.

BOLLE I., DE CEUKELAIRE M. en JACOBS P. (in druk) High resolution stratigraphy of the Egem Member (Ypresian, North-Western Flanders, Belgium). In : Proc. 3rd Bi-annual Joint Meeting of the Regional Committees on Northern Palaeogene and Northern Neogene Stratigraphy Gent 1991 (ed. by P. JACOBS).

DE BREUCK W. en DE MOOR G. (1969) De freatische waters in het Oostelijk kustgebied en in de Vlaamse Vallei, Natuurwet. Tijdschr., 51, 3-68.

DE BREUCK W., MAHAUDEN M. en LEBBE L. (1982) Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke). Rijksuniversiteit, Gent, 52 pp.

DE BREUCK W., VAN BURM P. en VAN CAMP M. (1983) Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone. Rijksuniversiteit, Gent, 243 pp.

DE BREUCK W., VAN DYCK E. en STEYAERT M. (1987) Kwetsbaarheidskaart van het grondwater in Oost-Vlaanderen. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel, 31 pp.

DE BREUCK W., VAN BURM P., STEYAERT M. en VAN CAMP M. (1988) Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landenaan onder het oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het westelijk gedeelte van Vlaams-Brabant. Eindverslag. Rijksuniversiteit, Gent, 34 pp.

DE BREUCK W., WALRAEVENS K., VAN BURM P., DE CEUKELAIRE M. en STEYAERT M. (1990) Kaart van de grondwaterkwaliteit in de Provincie West-Vlaanderen. Watervoerende lagen van het Landenlaan, van het Ledo-Paniselilaan en van het Kwartair. Ministerie van de Vlaamse Gemeenschap, Brussel, 34 pp.

DE CEUKELAIRE M., WALRAEVENS K. en VAN BURM P. (1992) Evolutie van de stijghoogten in het Landenlaan en de Sokkel vanaf de eeuwwisseling tot 1986 (West-Vlaanderen en aangrenzend deel Oost-Vlaanderen), Prof. Paper, 1992/7, nr. 257, Geologische Dienst van België.

DERYCKE F., LAGA P. en NEYBERGH H. (1982) Bilan des ressources en eau souterraine de la Belgique. Commission des Communautés Européennes, Hannover, 260 pp.

DE SCHUTTER G. en CLAESSENS H. (1993) Rapport-primair grondwatermeetnet-Provincie Antwerpen : analyseresultaten : meetcampagne najaar 1992. Provinciaal Instituut voor Hygiëne, Antwerpen.

DE SMEDT P. en HAMMENECKER J. (1989) De drinkwaterwinningen van de Vlaamse Maatschappij voor Watervoorziening, Water, 48, 180-186.

DE SMEDT P., BIRON J.P., en WEMANS G. (1992) Hydrologie. In : Geografie van België (red. J. DENIS), pp. 217-330, Gemeentekrediet, Brussel.

DEVOS J. (1984) Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan, doctoraatsproefschrift, Rijksuniversiteit Gent.

DRISCOLL F.G. (1989) Groundwater and Wells. Johnson Filtration System Inc., St. Paul, Minnesota, 1089 pp.

GOM WEST-VLAANDEREN (1986) Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder West- en Oost-Vlaanderen. Deelcontract I. Eindverslag. GOM West-Vlaanderen, Brugge, 93 p.

GULINCK M. (1966) Atlas van België, platen 16A en 16B - Hydrogeologie. Nationaal Comité voor geografie, Commissie voor de nationale atlas, Brussel, 68 pp.

GULINCK M. en CNUUDE J.P. (1984) Hydrogeologische verkenningen in Oost-Vlaanderen (1968-1977), Prof. Paper, 1984/1, nr.205, Geologische Dienst van België.

IWVA (1991) Activiteitenverslag 1990, 25 p.

LEBBE L. (1978) Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne, doctoraatsproefschrift, Rijksuniversiteit Gent.

LEBBE L., VAN CAMP M., VAN BURM P., DE CEUKELAIRE M., WATTIEZ R. en DE BREUCK W. (1988) Het grondwater in de Paleozoïsche sokkel en in het Landenian in West- en Oost-Vlaanderen, Water, 41, 104-108.

STUYFZAND P.J. (1986) A new hydrochemical classification of watertypes. Principles and application to the coastal dunes aquifer system of the Netherlands. In : Proc. 9th Salt Water Intrusion Meeting Delft 1986 (ed. by R.H. BOEKELMAN, J.C. VAN DAM, M. EVERTMAN en W.H.C. TEN HOORN), pp. 641-655, Delft University of Technology, Delft, The Netherlands.

TAVERNIER R., AMERYCKX J., SNACKEN F. en FARASYN D. (1970) Atlas van België, blad 17 - Kust, duinen, polders. Nationaal Comité voor geografie, Commissie voor de nationale atlas, Brussel, 32 pp.

TODD D.K. (1980) Groundwater Hydrology. John Wiley & Sons, New York, 535 pp.

VAN DORMAEL C. (1992) Grondwaterkwaliteit in Limburg 1992, AMINAL, Brussel, 114 pp.

VAN VAERENBERGH-REDANT N. (1979) Scheikundige samenstelling van grondwater in functie van zijn geologische oorsprong, Hydrographica, VI-1, 13-55.

WALRAEVEENS K. (1987) Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen, doctoraatsproefschrift, Rijksuniversiteit Gent.

WALRAEVEENS K. en LEBBE L. (1988) Groundwater quality in the Tertiary Ledo-Paniseliaan aquifer in Belgium as a result of freshwater intrusion into sediments in chemical equilibrium with the sea. In : Proc. 10th Salt Water Intrusion Meeting Gent 1988 (red. W. DE BREUCK en L. WALSCHOT), Natuurw. Tijdschr., 70, 30-44.

WALRAEVEENS K., VAN CAMP M., VAN BURM P., LEBBE L., DE BREUCK W., GERARD P. en VERPLAETSE H. (1989) Hydrochemisch onderzoek van de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen van de sokkel, het Krijt en het Landenian onder West-, Oost- en Frans-Vlaanderen, Natuurwet. Tijdschr., 71, 53-73.

WALRAEVEENS K., LEBBE L. en DE BREUCK W. (1990) Q3D-mathematical modeling of the groundwaterflow in and around the dune area of De Haan. In : Proc. 11th Salt Water Intrusion Meeting Gdansk 1990 (ed. by B. KOZERSKI en A. SADURSKI), pp. 110-127, Technical University of Gdansk, Poland.

ZEUWTS L. (1991) Hydrogeologie en hydrochemie van de Ijzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekappelle-Pervijze (Westelijke Kustvlakte), doctoraatsproefschrift, Rijksuniversiteit Gent.

**BELEIDSONDERSTEUNENDE STUDIES UITGEVOERD DOOR HET LABORATORIUM
VOOR TOEGEPASTE GEOLOGIE EN HYDROGEOLOGIE VAN DE UNIVERSITEIT
GENT.**

DE NEOGENE ZANDEN VAN ANTWERPEN EN WEST-LIMBURG.

1. Hydrogeologische studie van het Plassengebied te Mol (1978).
2. Hydrogeologische studie van het Blak in de streek van Beerse-Rijkevorsel-Merksplas (1979).
3. Hydrogeologische, bodemkundige en ecologische studie van de "Kalmthoutse Heide" en de omliggende landbouwgronden, partim hydrogeologie (1981).
4. Hydrogeologische kaartenatlas van het gebied Kalmthout-Essen (1985).
5. Hydrogeologisch mathematisch model van het Belgisch-Nederlandse grensgebied in de streek van de "Kalmthoutse Heide" (1985).
6. Hydrogeologisch onderzoek van het Belgisch stroomgebied van het Merkske nabij Hoogstraten (1986).
7. Studie van de grondwaterstanden in het Nederlands-Belgisch grensgebied van de Kalmthoutse Heide (1992).

HET LEDO-PANISELIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN.

8. Hydrogeologische studie van de Ledo-Paniseliaanlaag onder het Drongengoed (Ursel) (1984),
9. Hydrogeologie en hydrochemie van het Ledo-Paniseliaan in Oost- en West-Vlaanderen (1987),
10. Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Landenlaan, van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990).

HET KWARTAIR IN WEST-EN OOST-VLAANDEREN.

11. Hydrogeologische studie van de Gentse Kanaalzone (1983),
12. Hydrogeologische kaartenatlas van de Scheldevallei in Vlaanderen stroomopwaarts van Gavere tot het kanaal Bos-suit-Kortrijk (1985),
13. Studie van de kwartaire afzettingen in de Scheldevallei in de streek van Zingem-Asper (Gavere) met het oog op het winnen van grond- en oppervlaktewater door oeverinfiltratie (1984),
14. Piëzometrische stijghoogtewaarnemingen in de Gentse Kanaalzone 1984-1987 (1985 en 1987),
15. Hydrogeologie en hydrochemie van de Ijzervlakte tussen de Frans-Belgische grens en Avekapelle-Pervijze (Westelijke kustvlakte) (1991),
16. Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990),
17. Studie van de huidige en toekomstige waterwinningsmogelijkheden in de Westhoek (1992),
18. Hydrologische en hydrogeologische studie in het bestek van het landinrichtingsproject "De Westhoek" (1993).

HET MASSIEF VAN BRABANT IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN.

19. Hydrogeologische studie van de gespannen watervoerende laag in het Massief van Brabant onder West- en Oost-Vlaanderen (1980),
20. Hydrogeologisch mathematisch model van de grondwaterlagen onder West-, Oost-, Zeeuws- en Frans-Vlaanderen (1987),
21. Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landeniaan onder het oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het westelijk gedeelte van Vlaams-Brabant (1988).

HET LANDENIAAN IN WEST- EN OOST-VLAANDEREN.

22. Hydrogeologisch mathematisch model van de grondwaterstromingen in de gedeeltelijk afgesloten watervoerende lagen onder West-, Oost-, Zeeuws- en Frans-Vlaanderen (1987),
23. Kaart van de grondwaterkwaliteit in de provincie West-Vlaanderen. Partim : watervoerende lagen van het Landeniaan, van het Ledo-Paniseliaan en van het Kwartair (1990),
24. Hydrogeologische studie van de Sokkel en het Landeniaan onder het oostelijk gedeelte van Oost-Vlaanderen en het westelijk gedeelte van Vlaams-Brabant (1988).

DE KUSTDUINEN.

25. Hydrogeologie van het duingebied ten westen van De Panne (1978),
26. Hydrogeologische studie van en rondom het gebied van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde (Oostduinkerke) (1982),
27. Hydrogeologie van het duingebied ten oosten van De Haan (1984),
28. Aanvullend onderzoek voor de hydrogeologische studie van de geplande waterwinning "Ter Yde" te Koksijde : winning van oppervlaktewater door middel van oeverinfiltratie in een wachtvijver (1985),
29. Infiltratie- en injectiemogelijkheden voor aanvulling van de grondwatervoorraad in de Westhoekduinen (1992).